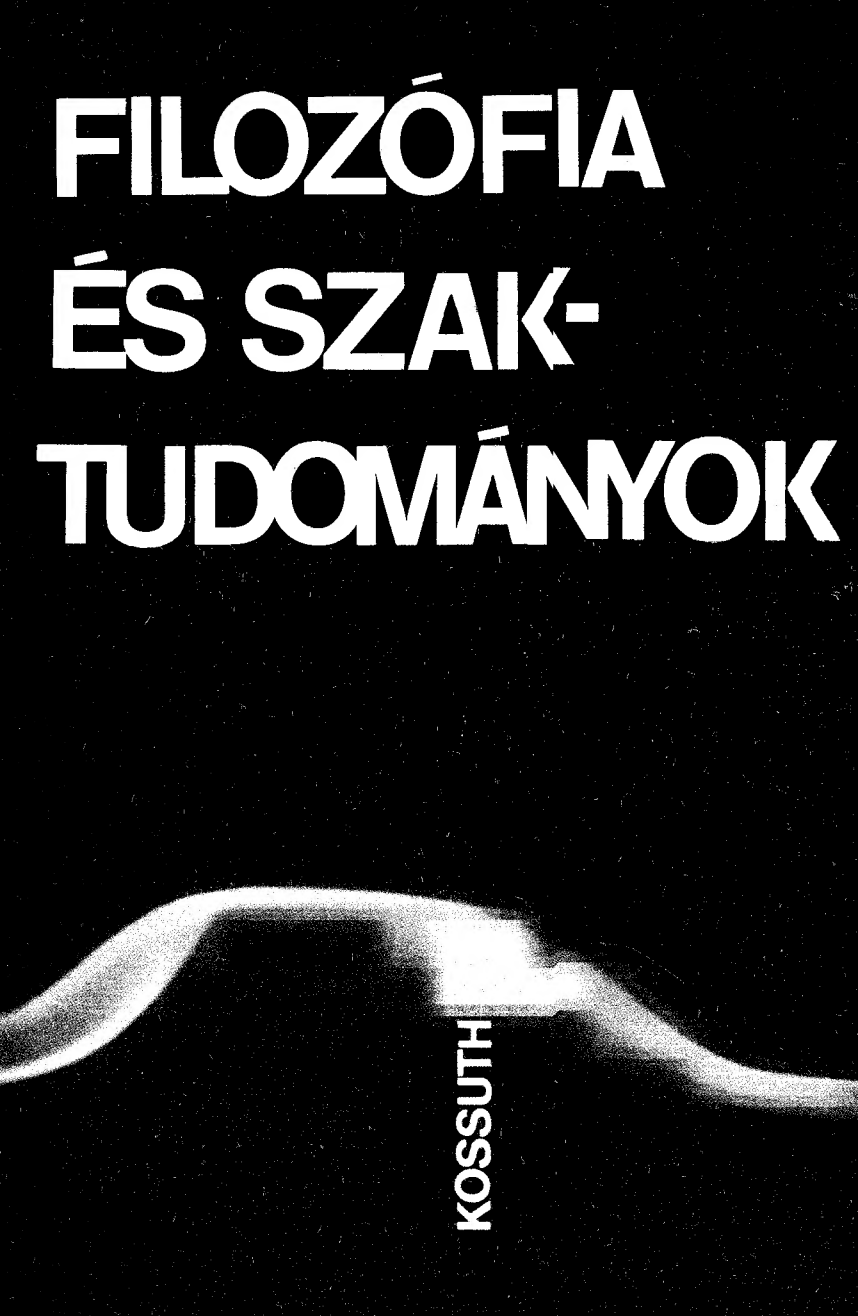
FILOZÓFIA ÉS SZAK-TUDOMÁNYOK



KOSSUTH

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar Filozófia Tanszék

Szerkesztő:
HORVÁTH JÓZSEF

A szerzői kollektíva tagjai:

ÁDÁM GYÖRGY tszv. egyetemi tanár, akadémikus;
BALÁZS BÉLA tszv. egyetemi docens, kandidátus;
BÁRD ANDRÁS egyetemi tanársegéd;
FARKAS ENDRE egyetemi docens, kandidátus;
FARKAS MIKLÓS tszv. egyetemi tanár, a tudományok doktora;
GÉCZY BARNABÁS tszv. egyetemi tanár, a tudományok doktora;
HÉTHELYI LÁSZLÓ egyetemi adjunktus;
HORVÁTH JÓZSEF tszv. egyetemi docens, kandidátus;
H. VARRÓ RÓZSA tszv. egyetemi tanár, kandidátus;
KIS-TÓTH GYULA egyetemi tanársegéd;
LÁNG FERENC tszv. egyetemi docens, kandidátus;
LÁSZTITY DEMETER egyetemi docens, kandidátus;
NÁNÁSI IRÉN egyetemi tanársegéd;
RÉDEI MIKLÓS egyetemi tanársegéd;
ROPOLYI LÁSZLÓ egyetemi adjunktus;
SIPOS JÁNOS egyetemi docens, kandidátus;
SOÓS GYULA egyetemi tanár, a tudományok doktora;
SZABÓ LÁSZLÓ tudományos segédmunkatárs;
SZEGEDI PÉTER egyetemi tanársegéd;
SZIGETI JÓZSEF tszv. egyetemi tanár, akadémiai lev. tag;
SZIGETVÁRI SÁNDOR egyetemi docens, kandidátus;
TIHANYI LÁSZLÓ tudományos segédmunkatárs.

Filozófia és szaktudományok

TANULMÁNYOK

KOSSUTH KÖNYVKIADÓ / 1981

ISBN 963 09 1690 8

© Ádám György, Balázs Béla, Bárd András, Farkas Endre, Farkas Miklós, Géczy Barnabás, Héthelyi László, Horváth József, H. Varró Rózsa, Kis-Tóth Gyula, Láng Ferenc, Lásztity Demeter, Nánási Irén, Rédei Miklós, Ropolyi László, Sipos János, Soós Gyula, Szabó László, Szegedi Péter, Szigeti József, Szigetvári Sándor, Tihanyi László 1980

(3166)

Előszó

A tanulmánykötet, amely az ELTE TTK Filozófia Tanszéke kollektívájának a különböző természettudományi tanszékekkel és más intézmények filozófia tanszékeivel kialakított együttműködése során létrejött eredményeit összegzi, több szempontból is igyekszik átfogó képet adni a természettudományos megismerés fejlődéséről: felöleli a szaktudományos kutatás két alapterületét, az élettelen és az élővilágot; elméleti és történeti jellegű írásokat egyaránt tartalmaz, ugyanakkor a gyakorlat részéről felvetődő aktuális kérdések széles körét is áttekinti. Természetesen, a tanulmányok nem érinthetik a természettudományos fejlődés során felvetődő valamennyi problémát. A természettudományok és a matematika filozófiai-világnézeti problémáit bemutató és elemző tanulmányok elsősorban – és nem minden ok nélkül – az utóbbi évtizedekben legdinamikusabban fejlődő természettudományos diszciplínák és az ezekkel szoros kapcsolatban álló társtudományok, valamint az úgynevezett alkalmazott tudományok legidőszerűbb és legexponáltabb kérdéseire helyezik a hangsúlyt. A filozófusok és a szaktudósok írásai azonos csomópontok felé mutatnak: olyan, a szaktudományos kutatások által „objektíve" felvetett ontológiai, ismeretelméleti, logikai és metodológiai kérdéseket fogalmaznak meg, illetve igyekeznek tisztázni, melyek feldolgozásával a marxista filozófia művelői hosszú időn át adósak maradtak, vagy esetleg elzárkóztak előle. A kötet egyszerre három funkciót kíván teljesíteni: az alkotó filozófiai továbbfejlesztésre való törekvést, a természettudományok művelőinek a szak- és az interdiszciplináris kutatások eredményeiről való tényszerű tájékoztatását és a felső szintű oktató-nevelő munka segítését. A szerzők között a tekintélyes szaktudósok mellett számos fiatal oktató és kutató első ízben mutatkozik be a hazai olvasóközönségnek.

A kiadó

FILOZÓFIA

HORVÁTH JÓZSEF

Szaktudomány – filozófia – természettudományok filozófiai problémái

„A materializmusnak már a természettudomány területén tett mindegyik korszakalkotó felfedezésével is meg kell változtatnia formáját."

ENGELS

„Komoly filozófiai alapvetés nélkül semmiféle természettudomány nem állhatja meg a helyét a burzsoá eszmék támadása és a burzsoá világszemlélet visszaállítása ellen vívott harcban. A természettudósnak, hogy ebben a harcban helytállhasson, s ezt teljes sikerrel vívhassa meg, modern materialistának, a Marx által képviselt materializmus tudatos hívének, vagyis dialektikus materialistának kell lennie."

LENIN

A TUDOMÁNY FOGALMÁNAK NEOPOZITIVISTA ÚJRAÉRTELMEZÉSE

A XX. század első évtizedében a fizika területén kibontakozó forradalmi változás alapvetően érintette a tudomány fogalmának értelmezését. Abel Rey francia filozófus, aki ismeretelméletében hume-ista típusú idealista volt, a természettudományt érintő közvetlen kérdésekben az ösztönös materializmus felé hajlott. „A jelenkori fizikusok fizikai elméletei" c. 1907-ben megjelent könyvében a tudományról alkotott elképzelések változását a következőképpen jellemzi. A hagyományos mechanizmus csődje – írja –, jobban mondva az a bírálat, amellyel illették, azt a tételt eredményezte, hogy a tudomány szintén csődöt mondott. A tudomány nem adhat igazi tudást, hanem csak gyakorlati recepteket. Az olyan tudománynak – vonja le következtetését –, amely csupán a természetre való hatás mesterséges eszköze, amely csak egyszerű utilitáris technika, nincs joga tudománynak nevezni önmagát, hacsak nem hamisítjuk meg e szó értelmét. Ha a fizikai és kémiai tudományoknak már csak a hasznos technikai receptek értékét hagyjuk meg, és megfosztjuk őket minden

jelentőségüktől a természet megismerése tekintetében, akkor ennek teljes felfordulást kell előidéznie a logikában és az eszmék történetében.[1]

Rey e keserű jóslatát a pozitivista filozófia további fejlődése igazolta. Philipp Frank pozitivista fizikus-filozófusnak az ötvenes években adott helyzetképe szerint a tudományfilozófiában nem az a felfogás dominál, miszerint az igaz elmélet a fizikai valóság képmása, hanem az elméletet inkább eszköznek fogják fel. A tudományos elmélet olyan eszköz, amely valamely gyakorlati tervnek megfelelően újabb eszközöket hoz létre. Az úgynevezett neopozitivizmus, mindenekelőtt a logikai pozitivizmus tudományfilozófiája (de olyan érintkező áramlatok, iskolák, mint a pragmatizmus, instrumentalizmus, operacionalizmus vagy a lingvisztikai filozófia)[2] valóban teljes felfordulást idézett elő „a logikában és az eszmék történetében".

Miben áll a lényege ennek a felfordulásnak? Lenin a „Materializmus és empiriokriticizmus" c. művében a pozitivista filozófia úgynevezett második történeti hullámának bírálatát adva, rámutatott e „felfordulás" olyan általános vonásaira, amelyek a polgári filozófia, a polgári világnézet szükségszerű velejárói, valamint arra, hogy ezek a polgári társadalom gazdasági és ideológiai talaján végbemenő tudományfejlődés szükségszerűen megjelenő beteges tünetei, torzulásai.

A természettudományoknak a XIX. század második felében kibontakozó fejlődése, valamint a marxista filozófia létrejötte a materialista filozófia továbbfejlődésének lehetőségét bizonyította. A materializmus kibontakozó új elméleti formája összhangba került a természettudományok, s egyáltalán a tudományok haladásával. Mindez az idealizmus elvi-elméleti válságát eredményezte, az idealista filozófia leküzdhetetlen ellentmondásokba keveredett. Engels ebben az időszakban annak a meggyőződésének adott kifejezést, hogy a „mai" természettudomány számára a materialista dialektika az az egyedüli gondolkodási forma, amely képes megadni a természettudományos interpretáció módszerét az általános természeti összefüggések, továbbá az egyik kutatási területről a másikra történő átmenetek számára. Azzal a céllal látott hozzá a természettudományok eredményeinek rendszeres és átfogó tanulmányozásához, hogy kimutassa e gondolkodási forma – filozófiai elmélet és módszer – valóságos hatékonyságát, és vázolja a természettudományok elméleti fejlődésének alapvető tendenciáját. Engels végkövetkeztetése optimista volt.[3] Ez az optimizmus azonban túlzottnak bizonyult, melynek elsősorban társadalmi okai voltak.

Az imperializmus társadalmi és politikai szükségletei nem nélkülözhe-

tik az idealizmust. Az imperializmus társadalmi-gazdasági alapja és politikai-ideológiai felépítménye az idealizmus. Ez a társadalmi forma az idealista filozófia legkülönfélébb torzszüleményeit hozza létre, s megakadályozza a természetkutatókat abban, hogy megismerkedjenek és behatóan foglalkozzanak a dialektikus materialista filozófiával. Ezen a társadalmi és ideológiai talajon bontakozik ki a fizikának és általában a természettudománynak a XX. század elején kezdődő forradalma, amit sem a XIX. század teoretikusai, sem Engels nem láthattak előre.

A logika és az eszmék történetében bekövetkezett s a Rey által említett felfordulásnak az alapját ez az új történelmi szituáció képezte.

Lenin osztotta és tovább fejlesztette Engels elvi álláspontját. A fizikában bekövetkezett század eleji változásokat elemezve a természettudományok „legújabb forradalmáról" beszélt, és ezzel kapcsolatos végső konklúziója így hangzik: a XX. század fizikája szüli a dialektikus materializmust.[4] E tudományos forradalom elméleti-világnézeti lényegét tekintve átmenet a metafizikus gondolkodási formáról a dialektikus gondolkodási formára. Már Engels felhívta a figyelmet arra, hogy ez az átmenet hosszadalmas, nehézkes folyamat, melynek során rengeteg felesleges kitérő, súrlódás, cikcakk fordul elő. Lenin fájdalmas szülésről beszél, melynek során az életképes lényen kívül elkerülhetetlenül világra jönnek bizonyos holt termékek, hulladékok is. E hulladékok közé sorolja a „fizikai" idealizmus egészét is.

A természettudományok fejlődését kísérő beteges tünetek, melléktermékek és felfordulás oka, valamint alapja tehát: *egyrészt* e fejlődés talaját képező polgári társadalom ellentmondásai, *másrészt* a természettudományok fejlődésének bizonyos ismeretelméleti sajátosságai, *végezetül* e kettő sajátos összefüggése.

Már Engels utalt arra, hogy a természettudományos eredmények értékelése körül nemcsak a legkülönbözőbb filozófiai iskolák teremtenek zűrzavart, hanem magában a természettudományban is elég gyakran találkozunk olyan elméletekkel, amelyekben a valóságos viszonyt a feje tetejére állítják, s a tükörképet veszik ősformának.[5] Lenin szinte folytatva ezt a gondolatmenetet így ír: „A reakciós kísérleteket maga a tudomány haladása szüli. A természettudomány nagy sikere, az a tény, hogy mind közelebb kerül az anyag egynemű és egyszerű elemeihez, melyeknek mozgástörvényeit matematikailag is fel lehet dolgozni – ez az oka annak, hogy a matematikusok megfeledkeznek az anyagról. »Az anyag eltűnik«, csak az egyenletek maradnak meg. Újabb fejlődési fokon – és állítólag új módon – a régi kanti gondolatot elevenítik fel: az ész szabja a törvényeket

a természetnek.[6]" Így kapcsolódik össze az idealista filozófia a természettudomány valamely ágának egy-egy iskolájával. Ez történt a machizmus, vagy később az operacionalizmus létrejöttével is. Neves fizikusok – E. Mach, illetve P. W. Bridgman – jutottak idealista filozófiai következtetésekre, szövetségbe kerülve a korabeli legreakciósabb filozófiai iskolákkal.

Lenin azonban azt is kiemeli, hogy a természettudósok túlnyomó többsége – s ez érvényes a fizikusokra is – változatlanul a materializmus híve maradt. Hozzátehetjük, hogy ezek a fizikusok fel is vették a harcot a fizikai idealizmussal. Utalhatunk itt M. Plancnak Machhal szemben kifejtett polémiájára, a pozitivizmus elleni éles fellépésére, vagy L. Boltzmann és Mach szakmai-filozófiai vitájára. Teljesen indokolt és megalapozott tehát Lenin végkövetkeztetése: „A »fizikai idealizmus«, vagyis a XIX. század végi és a XX. század eleji fizikusok bizonyos iskolájának idealizmusa éppoly kevéssé »cáfolja meg« a materializmust, éppoly kevéssé bizonyítja be az idealizmusnak (vagy empíriokriticizmusnak) a természettudománynyal való összefüggését, mint amily kevéssé voltak meggyőzők F. A. Lange és a »fiziológiai« idealisták ilyen irányú erőlködései."[7]

A tudomány fogalmának az a fajta felfogása, amely Rey szerint a logikában és az eszmék történetében teljes felforduláshoz vezet, nem más, mint a tudomány szubjektív idealista értelmezése. Ez a nézet – mint erre Lenin rámutat – a régi „hume-i és kanti tradiciók új csodabogarakkal, szócskákkal és mesterkedésekkel" palástolt folytatását jelenti. Megőrzi az angol szubjektív idealizmus empirizmusát és összekapcsolja azt a matematika, a logika és általában az elmélet a priori értelmezésével. Tagadja a tudomány tárgyának tudatunktól független objektív létezését („a tárgyak érzetkomplexumok", „a dolgok a mi konstrukcióink"). Szakít az érzékelés és a gondolkodás tükörképkénti értelmezésével. Ennek következtében a matematika, a logika, végül is a tudomány teoretikus tartalmának egésze az objektív valóságtól elszakított, nem tükörkép jellegű konstrukcióvá lesz. Így azután puszta formává degradálódik a tárgyi és eszmei-teoretikus tartalmától megfosztott tudomány. A forma elemzése maga is csak formális, a fizika visszavezethető a matematikára, a matematika a logikára, a logika pedig a nyelvi jelekre...

M. Bunge latin-amerikai fizikus-filozófus e tudományfelfogás főbb jellemzőit igen érzékletesen mutatja be az operacionalizmus példáján. Az operacionalizmusnak általa összeállított „tízparancsolatából" csupán néhányat emelünk ki:

– A fizikai ismeretek forrása és tárgya a megfigyelés.

– Reálisan létező az, ami az emberi tapasztalat része. A fizikai realitás az emberi tapasztalat sajátos része.

– A hipotézisek és az elméleti sémák felállításának nem a valóság megismerése, hanem a növekvő tapasztalati anyag rendszerezése és új adatok előrejelzése a célja.

– A hipotézisek és elméletek nem rendelkeznek igazságértékekkel, nincs világképi jelentésük, csupán hasznos segédeszközök.

– Egy szimbólum az operacionális meghatározással nyer fizikai jelentést.[8]

Közismert, és a marxista filozófiai irodalomban igen részletesen elemzésre kerül a pozitivizmus, különösen pedig a neopozitivizmus – J. Bernal szavaival élve – „fobozófiája" (bölcsesség-gyűlölete). A neopozitivizmusnak általában – és nagyon helyesen – „metafizika"-ellenességét szokás kiemelni. Azt azonban világosan kell látnunk, hogy a *neopozitivizmus lemond az általános ismeretelméleti kérdések tanulmányozásáról, vagyis elfordul a megismerés valóságos filozófiai problémáinak a vizsgálatától.* Tudományfelfogása, úgynevezett tudományfilozófiája legtöbb esetben nem más, mint bizonyos tudományelméleti, logikai, nyelvi problémák szakmai vizsgálatának eklektikus vegyítése, új csodabogarakkal, szócskákkal és mesterkedésekkel palástolt idealizmussal és agnoszticizmussal történő „alapozása". Ezt az ismeretelmélettől és a tartalmi vonatkozásoktól egyaránt megfosztott felfogást jól jellemzi G. E. Moore egy megjegyzése, miszerint e filozofálás kizárólagos feladata az, „hogy tisztán lássa azt, hogy tisztán látja azt, hogy tisztán lát". A neopozitivizmus végső célja a tudomány olyan tökéletesen pontos („egzakt") formális rendszerré való alakítása, amely bizonyos formális – logikai, illetve nyelvi – szabályok és utasítások betartásával precíz gépezetként működik és képes új empirikus adatok prognózisára. A tudománynak ez az ideálja, normája – mint ahogyan erre a pozitivista tudományfilozófia polgári opponensei (elsősorban az egzisztencialisták) rámutattak –, a tudomány olyan technicista felfogását implikálja, amely végső soron gondolkodás nélküli, sőt ember nélküli tudományhoz vezet.

A neopozitivizmus, tagadva a tudomány tárgyának tudatunktól független létezését, egyben az objektív dialektikát, a természet dialektikájának az eszméjét is elveti. Azzal pedig, hogy szakít a tükrözéselmélettel és elfordul a megismerés általános tartalmi kérdéseitől, képtelenné válik korunk tudományos fejlődésének megértésére, alapvető és általános elméleti tendenciájának feldolgozására. Ez utóbbit a metafizikus gondolkodási formáról a dialektikus gondolkodási formára történő átmenet képezi,

amit a természettudományok területén a metafizikus materializmusról a dialektikus materializmushoz való átmenet képvisel. Lenin 1908-ban arról ír, hogy a fizika meg fogja tenni ezt a lépést, „de nem egyenesen halad a természettudomány egyedül helyes módszere és egyedül helyes filozófiája felé, hanem cikcakkban, nem tudatosan, hanem ösztönösen, nem látja világosan »végcélját«, hanem tapogatózva, ingadozva, sőt olykor háttal közeledik hozzá". Annak okát pedig, hogy a természettudósok egyik iskolája elcsúszott a reakciós filozófia felé, éppen abban látja, hogy „a metafizikus materializmustól nem tudott egyenesen és egyszerre felemelkedni a dialektikus materializmushoz".[9]

A pozitivizmusnak a 20-as, 30-as évektől napjainkig kialakuló és egymást váltó iskolái a dialektikát meddő „metafizikai" spekulációnak tekintik és a metafizikus gondolkodási forma rabjai maradnak. Ez a legfőbb oka annak, hogy szinte semmiféle segítséget nem tudtak és tudnak adni a tudomány tartalmi problémáinak megoldásához. A XX. század legjelentősebb tudományos felfedezései – a kvantumelmélet, a relativitáselmélet – körül pedig kifejezetten elméleti zűrzavart teremtettek.

A pozitivizmus különböző irányainak, iskoláinak kudarcai egyes pozitivistákat arra kényszerítettek, hogy konstatálják a tényeket. Így mindenekelőtt azt, hogy a tudósok többsége ragaszkodik – ahogyan ők mondják – a realizmushoz (azaz az ösztönös materializmushoz). A. Einstein többször is hangot adott azon meggyőződésének, miszerint az észlelő alanytól független külvilágban való hit minden természettudomány alapja. Ez a hit Plancknál vagy L. de Broglie-nál tudatos meggyőződéssé válik.[10] A kvantumelmélet esetében a legélesebb viták (például N. Bohr és A. Einstein között) tartalmi, ontológiai és általános ismeretelméleti kérdésekben bontakoztak ki. M. W. Wartofszky haladó amerikai tudományfilozófus olyan tartalmi problémák elméleti és történeti vizsgálta alapján próbálja túllépni a pozitivizmus kereteit, mint a mozgás fizikai leírásának története. Kísérletet tesz a tudományfilozófia összekapcsolására a metafizika, az ismeretelmélet klasszikus filozófiai diszciplínáival.[11] M. Bunge, aki tudományelméleti kérdésekben még nem jutott el a dialektikus materializmus hasznának felismeréséig, a „Philosophy of Phisics" c. 1973-ban megjelent könyvében radikális kritikának veti alá a fizika operacionalista értelmezését.

Mindezek ellenére meg kell állapítanunk, hogy a neopozitivizmus, állandó kudarcai és kényszerű „formaváltozásai" ellenére is a polgári filozófia tudományfelfogásának szinte egyeduralkodó irányzata volt és lényegileg még az ma is. Bunge is arról tudósít, hogy az operacionalizmus

a fizika „hivatalos filozófiája". Ennek elsősorban és végső soron társadalmi okai és gyökerei vannak.

A kapitalista társadalom kialakulása és megszilárdulása a termelőerők fejlődésének, az ipari forradalomnak a bázisán ment végbe. A technika, az ipar a természettudományok gyors és eredményes fejlődését igényelte. A régi renddel, a feudalizmussal szembekerülő burzsoázia a természettudományt nem csupán a gazdasági szükségszerűség „ésszerűsége" alapján karolta fel. A forradalmi burzsoá osztály számára a természettudomány még olyan ideológiai forma, eszköz volt, melynek segítségével a feudalizmus elleni harcát vívta. Ez tette lehetővé a polgári materializmus létrejöttét, a természettudomány és a polgári materializmus szövetségét. A kialakuló új társadalmi formáció azonban újratermelte az osztályantagonizmust, sőt azt a legmagasabb fokra emelte és a legszélesebb alapokra helyezte. A burzsoázia kitermelte antagonistáját, a proletariátust. Mindez egy sajátos ideológiai kettősséget („ideológiai tudathasadást") eredményezett még a legforradalmibb periódusban is. A leghaladóbb polgári ideológiák materialista természetfelfogása, természettudományos materializmusa is idealista társadalomfelfogással párosult. A reakcióssá váló burzsoázia, továbbá az imperializmus gazdasági talaján kialakult új társadalmi relációk a természettudományos materializmus elvetéséhez vezettek. Az idealizmus volt az egyetlen ideológiai forma és eszköz, melynek segítségével a burzsoázia a proletariátus, majd a kommunista mozgalom és a reális szocializmus elleni harcát vívta. A természettudományos materializmust így váltotta fel a hivatalossá váló „természettudományi" idealizmus. A polgári ideológia eredendő „tudathasadása" azonban ezen az új ideológiai talajon is megmaradt, és a pozitivizmus (mint döntően természettudományos), valamint az egzisztencializmus (mint döntően társadalomtudományos irányzat) egymást kiegészítő és egymást kitermelő ellentétében jutott kifejezésre.[12] Általános politikai-ideológiai szinten ez az úgynevezett két kultúra ellentétének „elméletében", valamint a „szcientizmus" és a „humanizmus" ellentétének formájában jelent meg.

A. Rey még felháborodik és megretten a természettudomány státusának új értelmezésétől és arról ír, hogy e felfogás következtében elvész „a fizika minden nevelő értéke; a pozitív szellem, melyet képviselt, hamissá és veszedelmessé válik". Figyelmeztet arra is, hogy amennyiben a tudomány nem ad igaz tudást, hanem csak gyakorlati recepteket, akkor a valóság megismerését más eszközökkel kell keresni. „Más utakon kell járni, és a szubjektív intuíciónak, a misztikus valóságérzéknek, egyszóval a titok-

zatosnak vissza kell adni mindazt, amiről azt hittük, hogy a tudomány elhódította tőle."[13] Ezek után csak csodálkozni lehet azon, hogy K. Kosík az 1960-as években minderről így ír: „A filozófia szcientisztikus felfogásának az egyoldalúsága nem szabad, hogy elfedje előlünk a modern pozitivizmus destruktív és demisztifikáló ténykedéseinek meglevő érdemeit."[14]

A „modern pozitivizmus destruktív és demisztifikáló ténykedésé"-nek fő iránya a marxista filozófia ellen, a marxizmus ellen irányult és irányul. K. Popper erről meglehetősen nyíltan beszél. A tudomány és áltudomány közötti különbségtétel lehetőségének a problémája – mint írja – elsősorban azért érdekelte őt, hogy megfelelő kritériumokat találjon a marxizmus áltudományos jellegének kimutatásához.[15]

A modern pozitivista tudományfelfogás újfajta miszticizmust szül és éppenséggel kedvez bizonyos áltudományos nézetek és gyakorlat kialakulásának. Az áltudomány – írja Beck Mihály – pótlék.[16] Az áltudomány egyben a formalizált szakszerűség alakjában megjelenő, s a hozzáférhetetlenné váló tudomány pótléka. A tudomány ilyen megjelenési formáinak abszolutizálása esetén „a titokzatosnak szükségszerűen vissza kell adnia mindazt, amiről azt hittük, hogy a tudomány elhódította". Az áltudomány még fel is használja a modern tudomány formalizált apparátusát és technikai eszközeit. A pozitivista tudományfelfogás kedvez például a számbabonának. A pozitivista tudományfilozófia és az áltudomány egy vonatkozásban – ha más oldalról és más módon is, de lényegileg – ugyanazt a szerepet tölti be: a természettudományos világkép és világnézet aláásását.[17]

Tisztában kell lennünk természetesen azzal, hogy a *„polgári filozófia"*, *a „polgári világnézet" és a „polgári ideológia" nem azonos fogalmak.* A neopozitivista tudományfilozófia a polgári világnézet szerves és integráns része, de meghatározott oldalról és sajátos módon fejeződnek ki benne a polgári világnézet egészének alapvető jegyei. A polgári tudományfilozófiában pártos polgári ideológia jut kifejezésre, de – a kivételektől eltekintve (nyílt antimarxizmus és antikommunizmus) – ez áttételes formákban, különböző közvetítőkön keresztül valósul meg. A burzsoá politika azonban közvetlenül, szinte naprakész formában is felhasználja, divattá teszi a polgári szakfilozófia, továbbá a szakfilozófusok és a szaktekintélyek kutatási eredményeit, nézeteit.

Vegyük szemügyre ebből a szempontból az úgynevezett szcientizmust. A *szcientizmus filozófiai alapja* nem más, mint a pozitivizmus. Ebből a szempontból a szcientizmus a pozitivizmus egy újabb válfajának tekint-

hető, amelynek fejlődését a tudományos-technikai forradalom katalizálta. Ebben az esetben már nemcsak arról van szó, hogy a természettudományt világnézetileg semlegessé kell tenni. A pozitivizmusnak ez a válfaja kimondottan a természettudomány bármiféle elméleti tartalma ellen irányul. A természettudományt a formális matematicizmus, logicizmus vagy lingvisztika, illetve szemiotika segítségével egyszerű „technikai" eszközök rendszerévé akarja tenni, amely azután egységes manipulációs szabályoknak alávetetten képes funkcionálni. A fejlett tőkésországokban, elsősorban az Egyesült Államokban a *„szcientizmus" a „techniczimussal" együtt az 50-es évek végén és a 60-as évek elején közvetlen politikai-ideológiai eszköz lett.* A szcientizmus a tudomány mindenhatóságába vetett hitté vált. Eszerint a tudományok és elsősorban a természettudományok fejlődése nemcsak a kapitalizmus belső problémáinak leküzdését teszi lehetővé, de a két világrendszer ellentétét is feloldja (konvergencia-elmélet, az ipari társadalom elmélete). Ennek jegyében kiadták az úgynevezett dezideologizálás jelszavát. D. Bell részletesen kifejtette az „ideológia alkonyának" koncepcióját. A professzori filozófia kelléktárából kiemelt szcientizmus ezáltal a politikai ideológia közvetlen eszközévé vált, új tartalmakkal gazdagodott és elérte az egyetemes divat „rangját". Tudjuk, mindez már a múlté. A közvetlen politikai, ideológiai szükségletek viszonylag gyorsan változnak, ami szükségessé teszi a polgári filozófia gyors reagálását. A filozófiai áramlatok, iskolák gyors váltakozásában azonban csupán a felvetődő valóságos problémákra adott válaszok és „megoldások" elégtelensége, az általános labilitás, a divattá devalválódó korszerűség tükröződik.

A neopozitivizmus különböző iskolái és képviselői által javasolt normatív tudománymodell megvalósíthatatlansága új kísérletekhez, problémafelvetésekhez vezetett. A 60-as években a normatív tudományelemzés mellett megjelentek a tudomány fejlődésének folyamatát is figyelembe vevő leíró elemzések. Poppernél a tudományos tevékenység „szituatív analízisének" kérdése vetődik fel. I. Lakatos a tudományos kutatás programjának metodológiájára vonatkozó kérdésekre irányítja a figyelmet és a matematikai kutatás „szituatív" jellegéről beszél. T. Kuhn a tudományos forradalmak problematikáját kívánja értelmezni és kidolgozza a tudományos kutatás paradigmájáról, illetve a paradigmaváltozásról szóló elméletét.[18]

Az eddigiek során elsősorban a neopozitivista tudományfelfogás társadalmi gyökereiről és forrásairól szóltunk. Azt mutattuk be, hogy a polgári filozófia a kor problémáira a tőkés társadalom érték- és érdek-

rendszerének megfelelően reagál, továbbá, hogy a polgári filozófusok mozgásterét ennek a társadalomnak az elvárásai és érdekrendszere határolja be. Mindezek következtében a polgári filozófiának a kor problémáira adott válaszai tartalmukban és irányukban egyaránt alapvetően hamisak. A polgári filozófia teoretikusai leggyakrabban csak torz vagy illuzórikus látszatmegoldásokra képesek és legfeljebb részletkérdésekben produkálnak gyakorlati eredményeket, melyek a neopozitivista „tudományfilozófia" esetében már nem is a filozófiához, hanem a szaktudományokhoz – matematika, matematikai logika, matematikai fizika, szemiotika – sorolandók.

A TUDOMÁNYFEJLŐDÉS XX. SZÁZADI SAJÁTOSSÁGAINAK NEOPOZITIVISTA ÉS MARXISTA FELFOGÁSA

A továbbiakban azt kell megvizsgálnunk, hogy melyek a tudomány fejlődésének azon XX. századi új vonásai, sajátosságai, amelyekhez a neopozitivizmus kapcsolódik. Fel kell tárnunk – mint ahogyan Lenin mondja – „az eleven, termékeny, igaz, hatalmas, mindenható, objektív, abszolút emberi megismerés" azon útjait, vonalait, melyeknek kiragadott részeit, töredékeit a neopozitivizmus szubjektivizmusa és szubjektív vaksága egyoldalúan önállóvá, egésszé, abszolúttá változtatta át, és ezáltal a megismerés élő fájának olyan meddő virágait hozta létre, mint amilyen a „fizikai" idealizmus, általában a „természettudományos" idealizmus, az idealista „tudományfilozófia".

Lenin, a korabeli „fizikai" idealizmus ismeretelméleti gyökereit elemezve, a természettudományok haladásának egyik olyan tendenciájára mutatott rá, melynek egyoldalú abszolutizálása óhatatlanul az idealizmus irányába visz. Ezt mai szóhasználattal matematizációnak nevezik, melyre a tudomány fejlődésének újabb sajátosságait összefoglaló írások mindegyike kitér. A mai marxista filozófiai irodalomban található ilyen jellegű összefoglalások[19] általában a tudományos-technikai forradalom jellemzéséhez kapcsolódnak. A felsorolt jegyek száma és sorrendje a különböző szerzőknél igen eltérő, a csoportosítás leggyakrabban ad hoc jellegű. A tudomány fejlődésének általános sajátosságai több esetben keverednek a természettudományok haladásának specifikus jellemzőivel.

Gyakran bontakoznak ki viták a természettudományos fejlődés egy-egy

új sajátosságának értelmezése körül. Így például arról, hogy hogyan kell értelmezni a tapasztalat és az elmélet kapcsolatának bonyolultabbá válását. V. A. Abarcumjan és V. V. Kazjutyinszkij közös tanulmányukban határozottan fellépnek a tapasztalat alapvető és elsődleges szerepének védelmében.[20] Érveiket a csillagászat, a kozmológia eredményeire alapozzák. Ez egyben arra is felhívhatja a figyelmünket, hogy a tudományfejlődés jelenkori sajátosságait differenciáltabban kell vizsgálni, figyelembe véve a különböző tudományok sajátszerűségeit, fejlődési stádiumait.

A tudományfejlődés jelenkori specifikumainak pozitivista megközelítésével is gyakran találkozhatunk. Igen elterjedt például a tudományos fejlődés felgyorsulásának empirikus, illetve tisztán kvantitatív értelmezése (információrobbanás, az eredmények 10, illetve 5 évenként történő megduplázódása), holott a helyes felfogás alapjait megtaláljuk a marxizmus klasszikusainál. Így például a tudományfejlődés gyorsuló mozgásának törvényét már Engels felfedezte.[21]

Hasonló jelenségről van szó – és ez sajnos igen gyakori –, amikor a tudományfejlődésben bekövetkezett változásokat azok metodológiai és logikai jegyeire redukálják (a szemléletesség szerepének változása, matematizálódás és formalizálódás, instrumentális jellegű fogalmak és terminusok belépése).

Szólnunk kell végezetül arról, hogy marxista szerzőknél is előfordul a megismerés egy-egy kiragadott részletének, szegmentumának egyoldalú abszolutizálása. Így került sor a kibernetika szerepének és jelentőségének eltúlzására (például az NDK-ban), vagy az úgynevezett strukturálisrendszer-szemlélet, illetve módszer szerepének túlbecsülésére egyes szovjet filozófusok részéről.[22]

A tudományfejlődés sajátosságainak neopozitivista értelmezése egyrészt a természettudományok forradalmának ahhoz a XX. századi hullámához kapcsolódik, amelyet a relativitáselmélet, különösen pedig a kvantumelmélet fémjelez, másrészt a matematika, valamint a formális logika új eredményeihez fűződik. Az idealizmus, pontosabban a pozitivizmus ezen megújulási törekvéseiben kiemelkedő szerepet játszott a 20-as években a Bécsi Kör néven ismert csoport, mely filozófusokból, matematikusokból és fizikusokból állt. Ez a csoport széles körű nemzetközi kapcsolatokat épített ki és koordinálta, katalizálta azt az áramlatot, amely a legkülönbözőbb irányokból kiindulva végül is a szcientista tudományfilozófiába torkollott.

A pozitivista ferdítések megértése és kritikai meghaladása konkrét

elemzést igényel. A tudás, az ismeretek matematizációja és formalizációja mint a tudományfejlődés sajátossága, többdimenziós probléma. A formalizáció elemzésénél a marxista szerzők többsége teljesen figyelmen kívül hagyja az úgynevezett formális tudományok (matematika, logika) valamint az úgynevezett faktuális tudományok (fizika) különbözőségét. Sőt, gyakran a természettudományoknak a társadalomtudományok döntő többségétől eltérő sajátosságait sem veszik kellő mértékben figyelembe.

A tiszta matematika vagy a formális logika az alkotó ember visszatükröző tevékenységének specifikus produktuma. A matematika és a logika eredményei, így például az axiómák, a primitív terminusok, a műveleti szabályok önmagukban tiszta absztrakciós formák. A formális logika a gondolkodásnak a tartalomtól elvonatkoztatott tiszta, formális alakzatait (fogalom, ítélet, következtetés) és ezen alakzatok ugyancsak tiszta, formális kapcsolatainak, viszonyainak formális szabályait tanulmányozza. Ezt csak úgy teheti, ha ezek a gondolkodási produktumok már rendelkezésére állnak, tehát a már meglevőt analizálja. A matematika formulái, szabályai mint megismerési produktumok nem csupán, nem is elsősorban és nem közvetlenül a gondolkodásra vonatkoznak, hanem a valóság meghatározott aspektusainak, végső soron mennyiségi vonatkozásainak sajátos gondolati reprodukciói. E reprodukció egyik alapvető sajátossága a többszörös helyettesítés. E helyettesítési rendszer egyik alapvető láncszemét a jelek, a szimbólumok, valamint kapcsolataik képezik. A matematikai jelrendszer és a beszélt nyelv jelrendszere meglehetősen eltérnek egymástól, azonosak azonban abban, hogy mint jelek, sajátos helyettesítési formák, melyek emberi alkotások és a rájuk vonatkoztatott szabályok szerint működnek.

A formális logika az emberi gondolkodás egy aspektusát ragadja meg és ezt emeli ki tanulmányozás céljából a megismerés összfolyamatából. Ha erről megfeledkezünk, s a kiemelt viszonylagos mozzanatot abszolutizáljuk, egyedülivé tesszük, akkor elvesznek számunkra a gondolkodás tartalmi vonatkozásai és teljesen elszakadunk a megismerés valóságos folyamatától. Ugyanezzel a veszéllyel kell számolnunk a matematika esetében is. Amennyiben a matematikai megismerés bizonyos oldalait abszolutizáljuk és úgy vélekedünk, hogy a matematika tökéletesen tiszta, formális tudomány, mely csupán formalizált deduktív rendszerekből áll, annyiban a matematikát is elszakítjuk a megismerés élő folyamatától.[23]

Mindezek együtteséből adódnak a neopozitivizmus ismeretelméleti gyökerei. A neopozitivizmus csak formális logikát ismer. Ennek következtében fogalmaink, gondolkodásunk, megismerésünk teljes tartalmi

gazdagsága eliminálódik. A logika pedig a megismerés tartalmi-történeti folyamatától elszakítva megmerevedett, metafizikus konstrukcióvá válik. Az így értelmezett, puszta formaként kezelt logika elveszíti a valósággal való kapcsolatát, formulái, szabályai a puszta konvenció eredményeivé degradálódnak.

Nézzük meg néhány példán, hogy hová vezet ez a felfogás. B. Russell grandiózus kísérlete, hogy a matematikát visszavezesse a logikára, kudarcot vallott. Amit elért, az a formális logika matematizálása. A matematikai logika lényegileg nem más, mint a formális logika algebrai és halmazelméleti módszerekkel történő átírása, vagy másként: algebrai (és halmazelméleti) módszerek bevitele a logikába, és ezen módszerek, valamint a matematikai formalizmus alkalmazása olyan kategóriákra, mint például a szükségszerű és a véletlen. A neopozitivizmusnak az a törekvése, hogy a logika és a matematika törvényeit az empirizmus és a konvencionalizmus alapján értelmezze, egyre távolabb vitte különböző iskoláit a valóságtól, a megismerés tényleges problémáitól. A jel és a megjelölt viszonyának neopozitivista értelmezése a nyelv területén elevenítette fel a nominalizmus és a realizmus vitáját, az „univerzálék" problémáját. A pozitivizmusnak az „univerzáliákról" folytatott XX. századi vitája – mutat rá helyesen D. P. Gorszkij – skolasztikus jellegű, vagyis nem a valóságos tudományos fejlődés szükségleteiből, hanem bizonyos problémák szubjektív idealista értelmezéséből fakadt.[24] A szemantikai pozitivizmus a jelentés értelmének további formalizálását, kiüresítését eredményezi. A szemantikai pozitivizmus alapdogmája – állapítja meg A. Pap amerikai filozófus –, a szavak kontextuális jelentésének léte.[25] A matematika és a logika törvényeinek pusztán nyelvi vizsgálatokra történő leszűkítése vezeti el a pozitivizmust olyan vitákhoz, melyek a „tökéletes nyelv" felkutatása körül folynak. Ez esetben is arról van szó, hogy olyan problémák képezik a vita tárgyát, melyeket nem a tudomány, hanem a szubjektív idealista filozófia tévelygései vetettek fel.[26] A szemantikai analízis valóságos ismeretelméleti vonatkozásainak helyes megoldása csak a dialektikus materializmus elvi alapjain végezhető el. A matematikai logikának nagy szerepe van a számítástechnikában. A gépi programozás a konstruktív logika alapján történik, melyben a valóságos szám jel, mégpedig algoritmus formájában funkcionál, vagyis a jel a vele végzett operáció által nyer meghatározást.

A neopozitivizmus a matematika, a logika, a szemantika olyan szaktudományos eredményeihez tudott kapcsolódni, melyek a számítástechnika, a gépi feldolgozás matematikai és formalizációs feltételeit teremtették

meg. Formalista felfogásuk következtében azonban a neopozitivisták e részmozzanatokat abszolutizálva olyan igénnyel léptek fel, hogy megadják a modern tudományosság általános kritériumait. Ezzel párhuzamosan nézeteiket megpróbálták kiterjeszteni a fizikára, s általában a természettudományokra is. A faktuális tudományokat formális logikai, szemantikai modelljeik szerint kívánták átértelmezni, átstrukturálni. Ennek egyik legvulgárisabb kísérlete az úgynevezett fizikalizmus volt.

A neopozitivizmus ilyen irányú törekvései és koncepciói komoly zűrzavart idéztek elő a szaktudósok körében is. A neopozitivisták különböző interpretációi megnehezítették a természettudományok olyan új vonásainak helyes értelmezését, mint az elmélet és a tapasztalat viszonyának közvetetté, bonyolultabbá válása, továbbá a megfigyelhetőség és a szemléletesség szerepének átalakulása.

Az elmélet szerepének növekedése a fizikában ma már kétségtelen tény. Egyre inkább érvényre jut a XX. századi természettudomány teoretikus jellege. A neopozitivista zűrzavarkeltés egyik eredménye: a természettudomány elméletivé válásának azonosítása a matematizációval. Ezt a felfogást körvonalazza Heisenberg következő megállapítása: „természetleíráson fokozódó mértékben a természet matematikai leírását értjük, azaz a természet törvényszerű összefüggéseire vonatkozó, lehetőleg precíz, rövid, de átfogó információgyűjteményt".[27] E félreértés egyik ismeretelméleti forrása a természettudomány, ezen belül elsősorban a fizika specifikumával függ össze. Köztudott, hogy még az elméleti fizika számára is alapvető követelmény a törvények matematikailag pontos megfogalmazása, vagyis a mérhetőség és a kiszámíthatóság feltételeinek eleget tevő elméletalkotási módszer kidolgozása. Ez a követelmény a fizikának és a természettudományoknak immanens sajátossága, de közvetlenül a természettudomány és a technika kapcsolatával, a természetátalakítás gyakorlati követelményeivel is összefügg. A neopozitivizmus mindezt figyelmen kívül hagyja, s a matematika (és a logika) törvényeit olyan közbülső apparátusnak tekinti, amely sem a kiinduló alapokban, sem a kapott eredményekben nem érvényesül. Mindez egyfajta technikai – szinte „gépi" – apparátus, mely meghatározott program szerint dolgozik, új adatokat produkál és még újabbak előrejelzését teszi lehetővé.

A jelenkor tudományfejlődésének egyik tényleges sajátossága az elméletek prognosztikai, heurisztikus szerepének növekedése. A neopozitivista értelmezés azonban empirizmusa és konvencionalizmusa következtében az előrelátás eltorzított interpretációjához vezet. A prognózis ily módon egyedi tények magyarázatára szűkül és pusztán a formális logikai appa-

rátus működtetésének, vagyis a matematikai számításoknak a következménye lesz. Még az ilyen eltorzított magyarázatnak is felfedhetők az ismeretelméleti forrásai. Ismeretes, hogy Leverrier kiszámította az akkor még ismeretlen Neptunus bolygó pályáját és a bolygót a megjósolt helyen észlelték is. Több elemi részecske felfedezésének útja ehhez hasonló volt. A mélyebb tartalmi és történelmi elemzés azonban azt mutatja, hogy a tudomány feladata nem empirikus tényekkel való operálás és ezek jóslása, hanem általános, szükségszerű törvények feltárása. A tudomány csakis ezáltal válik képessé bárminemű előrelátásra. Nem véletlen, hogy Leverrier csak a klasszikus mechanika törvényei alapján tudta elvégezni számításait, a neutrino előrejelzése pedig speciális fizikai törvények, különösképpen az energiamegmaradás törvénye alapján vált lehetségessé. Köztudott, hogy ismeretlen kémiai elemek előrejelzésének alapja a periódusos törvény felfedezése volt.[28]

A neopozitivizmus képtelen felemelkedni a megismerés teoretikus szintjére, csupán az empirikus szint bizonyos jegyeit képes értelmezni. Az empirikus és teoretikus szint különbözősége – mint erre Bunge is rámutat – összefügg a tudományos objektivitás kritériumával (és ez különös jelentőséggel bír a kvantumelmélet értelmezése során). „A fizika filozófiája" c. könyvében arra az álláspontra jut, hogy a kvantumelmélet azért nem tudott mindmáig eljutni a tudományos objektivitásig (az elemi részek viselkedésének megfigyelőtől független magyarázatáig), mert megrekedt az empíria szintjén. Bunge kísérletet tesz egy teoretikus szintű kifejtésre és ezt axiomatikus deduktív levezetés útján tartja megvalósíthatónak. Ez a módszer azonban önmagában még nem garantálja a teoretikus szint elérését, ugyanis a formalizáció, az axiomatika önmagában nem meríti ki a „teoretikus" megjelölés fogalmát. Bunge sem képes szabadulni a formalizáció abszolutizálásának neopozitivista eszméjétől.

A módszer formalizálásának, a formális módszerek neopozitivista abszolutizálásának egyik forrása az empirizmus. E szerint az elmélet nem más, mint a közvetlen empirikus tapasztalatok összefoglalása, rendszerezése, egyszóval extenzionális leírása. Az ilyen leírás pedig akkor tökéletes, ha a lehető legegyszerűbb. Lenin a machizmus bírálata kapcsán már megadta a gondolkodás ökonómiája elvének tartalmi-ismeretelméleti kritikáját, mely szerint az egyszerűség elve formai kritérium, ami alárendeltje a tartalomnak (hogy ti. ismereteink híven tükrözik-e az objektív igazságot?). Honnan eredhet az ökonómia, az egyszerűség elve e tartalom figyelmen kívül hagyásával – mondja Lenin –, ha nem az alanyból? Lenin nem tagadja a formális metodologiai kritériumok jelenlétét és szükséges-

ségét, csupán helyükre teszi azokat. Lenin elemzéséből azonban egyes marxista, illetve a marxizmus igényével fellépő szerzők sem tanultak. „Az egyszerűséget – írja Fehér Márta és Hársing László – mint heurisztikus elvet az előzőekben már vizsgáltuk és megmutattuk, hogy a törvények formulázásánál a legegyszerűbb matematikai formalizmust ésszerű alkalmaznunk. Itt valójában az egyszerűség mint *formai követelmény* szerepel. Beszélhetünk azonban *tartalmi értelemben vett egyszerűségről* is, amelyet gyakran »az elvek takarékos használatá«-nak neveznek. Ez a követelmény azt mondja ki, hogy ne vezessünk be több fogalmat (főleg teoretikus fogalmat) és tételt, mint amennyire feltétlenül szükségünk van. Ennek megfelelően az elmélet lehetőleg minél kevesebb alaptételre és definiálatlan fogalomra (alapfogalomra) épüljön."[29] Könnyen belátható, hogy „az elvek takarékos használata", „a minél kevesebb alaptétel és alapfogalom" használatának a követelménye nem tartalmi kritérium s nem is általános kritériumrendszere az elméletalkotásnak. A fentiekben mindössze a formális deduktív axiomatikus – matematikai, formális logikai – elméletekre vonatkozó („tartalmi") kritériumokról esik szó. Az egyszerűség (az ellentmondásmentesség stb.) elve a fizikai, kémiai, biológiai elméletek esetében már csupán formai kritériumként funkcionál.

A tudományos megismerés bizonyos módszereinek egyoldalú értelmezése megjelenhet természetesen a neopozitivizmustól függetlenül is. Egyfajta divattá lett például a „modell" fogalmának rendkívül tág értelmezése, a „ha kell – ha nem" használata. Vannak akik az egész matematikát, valamennyi matematikai elméletet modellnek tekintenek. Szokás továbbá a képmás helyett modellt mondani. Az „egzaktság" követelménye körül is sok a félreértés, az egyoldalú megítélés. Helyesen hangsúlyozza Wartofszky, hogy az „egzaktság" viszonylagos követelmény.[30]

Az elmélet szerepének növekedése, az elméleti és a gyakorlati bizonyítás bonyolult, közvetített rendszerének kialakulása előtérbe állította az elméleti bizonyítás problémáját. A neopozitivizmus bizonyításelmélete (kezdve a verifikációs eljárással) ugyancsak nagy zűrzavart teremtett. A bizonyításelmélet neopozitivista interpretációja a marxista ismeretelméletben is éreztette és érezteti hatását, különösen az igazságfelfogásban. Ez leggyakrabban a formális logika „igazság" terminusának (a kétértékű logikában ez „igaz" és „hamis"), valamint az igazság általános ismeretelméleti-tartalmi értelmezésének és kritériumrendszerének összemosásában jut kifejezésre.

A természeti folyamatok lényegének mélyebb feltárása mindinkább igényli a megismerő szubjektum aktivitását, egyre nagyobb szerepet tölte-

nek be a megismerés tárgyi-anyagi, kísérleti-elméleti, logikai-matematikai feltételei, melyek az objektum–szubjektum kölcsönhatásában a közvetítő áttételek bonyolult láncolatát hozzák létre. Gondoljunk csak a „megfigyelő" és a „vonatkoztatási rendszer" szerepére a relativitáselméletben vagy a mérőberendezés, a mérés és a megfigyelendő objektum egymásra gyakorolt hatására a kvantumelméletben. Ily módon vetődött fel többek között a „fizikai realitás" fogalmának újraértelmezése.[31] A kvantumelmélet első interpretációi egy eléggé határozott pozitivista indíttatást viseltek magukon. A közben elterjedő neopozitivizmus pedig talán e körül az elmélet körül keltette a legnagyobb zűrzavart, hosszú időn keresztül akadályozva a korrekt elméleti értelmezés kibontakozását. N. Bohr kezdetben például a részecskék és a megfigyelés eszközeinek „ellenőrizhetetlen kölcsönhatásáról" beszélt, szembeállítva a komplementaritás elvét az okság elvével. Heisenberg szükségesnek tartotta a „természet" szó jelentésének, valamint a fizika tárgyának teljes újraértelmezését. A világ szubjektumra és objektumra, belső és külső világra, testre és lélekre történő felosztása – írja – nehézségekhez vezet. „Így a természettudományban is *a kutatás tárgya többé nem a természet mint olyan, hanem az emberi kérdésfeltevésnek kitett természet* és ennyiben az ember itt is újból önmagával találkozik."[32]

E problémák okairól Fényes Imre úgy vélekedik, hogy az egyik legtöbbet vitatott kérdés éppen a mérés, pontosabban a megfigyelendő objektum és a mérőműszer egymásra gyakorolt hatásának a megállapítása volt. A megoldást a kvantumelmélet valószínűségi jellegéből származó szemlélet tette nehézzé. „A fizika történetében először fordult elő, hogy a megismerő Én szerepét mint fizikai problémát vizsgálták. Ezt adott esetben a következő tényezők tették szükségessé. A mérési folyamat véletlen jellegét úgy interpretálták, hogy a mérés a vizsgált objektumot ellenőrizhetetlenül befolyásolja és ezzel kapcsolatban meg kellett vizsgálni: milyen természetű az eredményt regisztráló személy zavaró hatása. Mindezt a valószínűség fogalmának szubjektivista értelmezésével (»a valószínűség tudatlanságunk mértéke«) összekapcsolva az a lehetőség is felmerült, hogy a mérést végző aktusa (az eredménynek az Én tudatában való megjelenése) szintén a zavaró tényezők közé számítandó."[33] Az ilyen jellegű szemlélet nem más, mint a megismerési szituáció szubjektív idealista értelmezése, mely arról tanúskodik, hogy a kutató a metafizikus gondolkodási forma rabja, nem ismeri a dialektikus materializmust és így képtelen eljutni az objektum–szubjektum reláció megértéséhez. A marxista filozófia a munka s a gyakorlat dialektikus materialista értelmezésével

lehetőséget teremtett az objektum–szubjektum ismeretelméleti viszonyának adekvát és sokoldalú feltárásához. Marx már Feuerbachról írt téziseiben leszögezi, hogy a dialektikus materializmus a valóságot nem csupán az objektum vagy a szemlélet viszonylatában fogja fel. Ugyanakkor Marx rámutat az ember érzéki, tárgyi tevékenységének aktív szerepére is.[34] Engels kiemeli, hogy a természettudománynak nem önmagában a természet a leglényegesebb és legközvetlenebb alapzata, hanem az a természetnek az ember által történő megváltoztatását is magába foglalja.[35]

A TUDOMÁNY ÖNREFLEXIÓJA. A „TUDOMÁNYOK TUDOMÁNYÁ"-NAK STÁTUSA

A tudomány helyének, szerepének és fejlődésének tudományos magyarázata nem nélkülözheti társadalmi alapjainak, társadalmi meghatározottságának mindenoldalú feltárását. A marxista filozófia korunk egyetlen filozófiája, mely ezt a feladatot következetesen megoldotta. A haladó klasszikus polgári filozófia természettudományos materializmusának pozitív vívmányait, valamint a „modern" polgári filozófia által elvetett eszméket egyaránt a marxista filozófia fejlesztette tovább. Ennek megfelelően a természettudomány az objektív természeti jelenségek és folyamatok visszatükröződése, amely az ember természetfeletti uralmát szolgálja, s melynek egészséges fejlődése csak a materialista filozófiával kialakított szövetség alapján valósítható meg. *A materialista dialektika, a társadalom materialista felfogása és a történelmi materializmus kimunkálása a tudomány értelmezésében is fordulatot hozott.*[36]

A tudomány jelenkori fejlődésének sajátosságait bemutató művek említést tesznek a tudomány differenciálódásáról és integrálódásáról, a határtudományok fejlődéséről, a tudomány egységének új formáiról, a tudomány közvetlen termelőerővé válásáról is. A tudományfejlődés ezen tendenciáit Marx és Engels már a múlt században elemezte és előrejelezte. Jól példázza ez a dialektikus és történelmi materializmus tudománykoncepciójának heurisztikus erejét. A tudomány egységének, s a tudomány termelőerővé válásának marxi, valamint a tudományos elméletek s a tudományos metodológia fejlődésének engelsi analízise és értelmezése ma is biztos iránytűje a tudományos kutatásoknak és elvi-elméleti bázisul szol-

gál a neopozitivista tudományfilozófia által keltett eszmei zűrzavar leküzdésében.

A tudomány következetesen tudományos önreflexiója – hogy úgy mondjuk –, öntudatra ébredése a marxizmus létrejöttével valósult meg. Ezt gyakran figyelmen kívül hagyják azok a marxista írások is, amelyek közvetlenül a „tudományok tudományá"-val[37] vagy tudományelmélettel foglalkoznak. Erősen hat az a hamis látszatra épülő elképzelés, miszerint, ha a „tudományok tudományá-"nak egésze nem is, de a „tudományelmélet" a pozitivizmus, elsősorban a neopozitivizmus szülötte. Ezt a látszatot egyrészt az kelti, hogy miután a neopozitivizmus a filozófiát a tudomány logikai, szemantikai stb. vizsgálatára szűkíti le, kitüntetetten foglalkozik tudományelméleti kérdésekkel, másrészt viszont az kondicionálja, hogy a marxista filozófia fejlődésének bizonyos periódusában elhanyagolta ezeknek a területeknek a kutatását.

A valóságos helyzet a következő. A XX. századi tudományos fejlődés, a tudományos-technikai forradalom, a tudomány növekvő társadalmi szerepe, új sajátosságainak, a kutatások szervezésének, optimalizációjának, a tudományos és a technikai haladás korrelációjának, a gazdasági és a társadalmi tényezők viszonyrendszerének stb. széles körű kibontakozása a tudomány speciális vizsgálatát tette szükségessé a fejlett tőkésországokban és a Szovjetunióban egyaránt. Ehhez az objektív tendenciához kapcsolódott a neopozitivista „tudományfilozófia". A polgári filozófia és tudományfelfogás azonban képtelennek bizonyult a tudomány mint komplex társadalmi jelenség átfogó megragadására és egységes magyarázatára. A neopozitivizmus, mint láttuk, elsősorban a matematika, a logika és a szemantika problémái felé fordult és így a tudományfejlődés metodológiájának formális vonatkozásait tanulmányozta. Tudományelméleti, tudománymetodológiai koncepciója ezáltal teljesen beszűkült, egyoldalúvá lett és a szubjektív idealista alapállás következtében teremtette meg azt a zűrzavart „a logika és az eszmék történetében", amelytől a pozitivizmussal rokonlelkű Abel Rey már a századelőn visszarettent.

Szólni kell még ezzel összefüggésben a jelenkori tudományfejlődés azon össztársadalmi feltételéről, mely alapvetően meghatározta és meghatározza a polgári tudományfelfogás egészét, s objektív alapja a tudományfelfogás bizonyos egyoldalúságának a szocializmusban is. *A tudomány fejlődése napjainkban a szellemi és fizikai munka társadalmi megosztottságának talaján megy végbe.* A tőkés viszonyok között ez a magántulajdon, a kizsákmányolás és az antagonisztikus osztályellentétek függvénye. Ez szüli a tudomány szcientista, technicista orientációjú felfogását,

manipulációs technikává degradálásának szükségletét. A szocializmus megszünteti a tőkés társadalmi viszonyokat, az antagonisztikus osztályellentéteket és megteremti a feltételeket a szellemi és fizikai munka ellentétének felszámolásához. A szellemi és a fizikai munkamegosztás történetileg kialakult formájának megszüntetése azonban hosszadalmas folyamat. Éppen ezért ez a megosztottság – bár hatása egyre gyengül – még hosszú ideig fennmaradó objektív forrása lesz a tudomány értelmezésében fellelhető egyoldalúságnak. Ezek kritikai meghaladását az össztársadalmi folyamatok tudományos elmélete, továbbá a dialektikus és a történelmi materializmus elveinek következetes érvényesítése teszi lehetővé. Nem tekinthető véletlennek, hogy a „tudományok tudománya" koncepciójának átfogó és sokoldalú kimunkálását olyan szakemberek tudták ténylegesen elindítani, akik a marxizmus, a dialektikus és történelmi materializmus követőivé váltak. Így például Bernal e téren kifejtett tevékenységének sikerét a tudomány *társadalmiságának* és *történetiségének* sokoldalú bemutatása és feltárása tette lehetővé.

A szocialista országok marxista irodalma ma már eljutott ahhoz a megítélésünk szerint helyes állásponthoz, hogy *a „tudományok tudománya" nem filozófiai, hanem szakdiszciplínának* tekintendő. Tudományrendszertani helyére és lényegi jellemzőire vonatkozóan azonban még ma is sokféle elképzelés létezik.[38] Általában komplex diszciplínaként kezelik, mely számos részdiszciplínát, kutatási ágat stb. foglal magába és a kialakulás, a formálódás, az integrálódás és differenciálódás sajátos állapotában van, s a kutatások előrehaladása fogja világosabbá tenni, hogy például a tudományszociológia és a tudománypszichológia vagy a tudományetika esetében mi tartozik a „tudományok tudományá"-hoz és mi a szociológiához, pszichológiához, etikához. Most csupán egy fundamentális probléma vitájához kívánunk hozzászólni, nevezetesen a filozófia és a „tudományok tudománya" viszonyának a kérdéséhez.

Kiindulópontunk: a „tudományok tudományá"-nak szakdiszciplínaként történő értelmezését, valamint a filozófiának egy neopozitivista ihletésű, a „tudományfilozófiá"-ra történő redukálását radikálisan elvetjük. El kell szakadni azoktól a felfogásoktól, amelyek a „tudományelméletet", a „tudománymetodológiát" és a „tudományfilozófiát" egymással azonosítják. Osztjuk azt a nézetet, hogy a „tudományok tudománya" nem szűkíthető le „tudományelméletre".

A filozófia és a „tudományok tudománya" kölcsönös viszonyának értelmezése természetesen nem függetleníthető az utóbbi tudományrendszertani helyétől. Nem tartjuk sem meggyőzőnek, sem indokoltnak a

„tudományok tudományá"-nak a társadalomtudományok körébe sorolását azon az alapon, hogy a tudomány sajátos társadalmi produktum és a „tudományok tudománya" funkcióját tekintve is társadalmi meghatározottságú.[39] Mindez a természettudományokról és a filozófiáról egyaránt elmondható, mégsem soroljuk egyiket sem a társadalomtudományok közé. Az a nézet pedig, miszerint a tudományelmélet, legalábbis részben, egy speciális területen alkalmazott ismeretelméletnek fogható fel[40], a neopozitivista „tudományfilozófia"-i felfogás maradványait őrzi. Az ismeretelmélet a megismerés általános filozófiai elmélete. A „tudományelmélet" mint a „tudományok tudományá"-nak részterülete a tudományos elméleti munka szakproblémáit tanulmányozza. Merő spekuláció lenne ezek levezetése általános ismeretelméleti elvekből. Ez az elképzelés lényegét tekintve nem különbözne egy olyan állítástól, miszerint a fizika alkalmazott metafizika. A „tudományelméletnek" mint szakdiszciplináris ágazatnak a gnoszeológiával mint filozófiai elmélettel történő összemosása a jelenlegi szituációban a megismerés társadalmi–filozófiai problémáinak háttérbe szorítását jelenti. Még összetettebb a helyzet az úgynevezett tudománylogika („a tudományos kutatás logikája") esetében. A logikai tényező jelenléte a „tudományelméletben" nem vitatható. Kérdés azonban, hogy milyen logikai tényező jelenlétéről van szó. A „tudományelmélet" azonos szinten – szakszinten – kapcsolódik a szaklogikákhoz. Itt még közvetlenül nincs jelen a filozófia. A dialektikus logika azonban már világnézeti, filozófiai diszciplína, így a „tudományelmélet" és a dialektikus logika kapcsolata már a szaktudomány és filozófia viszonyát fejezi ki. „Tudományelmélet" helyett, különösen a szovjet irodalomban, leggyakrabban „metodológiáról" beszélnek, s az úgynevezett tudománymetodológiai kutatások igen előkelő helyre kerültek. Megítélésünk szerint a „tudománymetodológia" tartalmában és terjedelmében egyaránt szűkebb a „tudományelmélet" fogalmánál. Nem bonyolódva az elmélet és a módszer viszonyának analízisébe, itt csupán két dologra utalunk. A „tudományelmélet" „tudománymetodológiára" való szűkítése közelebbi kapcsolatot mutat a neopozitivista „tudományfilozófiával", aminek keretein belül az elméletek tartalmi szempontból kialakításuk, létrehozásuk metodikájára, továbbá a működtetésükhöz szükséges utasításokra és szabályokra redukálódnak. További szempont, hogy a „metodológia" önmagában nem sorolható a filozófia tárgykörébe, hiszen a kísérleti módszerekre valamint a szaktudományok elméletalkotási módszereire vonatkozó általános megállapítások önmagukban még nem filozófiai jellegűek. A marxista filozófia alapvető módszere a dialektika. A szaktudo-

mányok metodológiai sajátosságainak túlzott általánosítása, egyoldalú abszolutizálása nem a dialektika továbbfejlesztéséhez, hanem a dialektikával való szembekerüléshez vezet.

Az eddigiekből már kitűnik, hogy *a „tudományok tudománya" és ezen belül a „tudományelmélet" marxista értelmezésének alapvető differencia specifikáját a materialista ismeretelméleti és a dialektikus tartalmi megalapozás adja meg.* A marxista felfogás további döntő kritériuma a történelmi materializmus teljes elvi rendszerének és módszerének mobilizálása. A „tudományok tudománya", a „tudományelmélet" és a filozófia kapcsolata ugyanis nem szűkíthető le az ismeretelmélet területére, hanem az előbbi kettő dialektikus materialista megalapozása magába foglalja az ontológiai aspektust is. A neopozitivista tudományfelfogás sikeres kritikai meghaladásának egyik feltétele éppen az egyoldalú ismeretelméleti nézőpont leküzdése, továbbá az ontológiai megközelítési mód, valamint az össztársadalmi és történelmi szemlélet következetes érvényesítése. Korunk tudományos fejlődésének általános világnézeti tendenciája a metafizikus gondolkodásmódtól a dialektikus gondolkodási módhoz történő felemelkedés. A marxista „tudományelméleti" kutatásoknak erre kell összpontosítaniuk a figyelmet. Fel kell tárni a tudományos megismerés, a tudományos kutatás, a tudományos alkotómunka dialektikáját. A dialektikus logika alkalmazása és fejlesztése útján el kell végezni a tudományos ismeretek tartalmi, logikai analízisét is.

Mindez nem jelenti-e azt, hogy mégiscsak létezik „tudományfilozófia", „filozófiai tudományelmélet", ami a marxista filozófia része?

A „tudományok tudománya", illetve a „tudományelmélet" problematikájával foglalkozó munkák ezt a kérdést azzal a filozófiai kutatási területtel hozzák kapcsolatba, amelyet a „természettudományok filozófiai problémái" és a „társadalomtudományok filozófiai problémái" gyűjtőnévvel jelöl az irodalom. A Berlinben 1978-ban megjelent „Természettudományok filozófiai kérdései" szótár a „Tudományfilozófia" (Philosophy of science) címszó alatt kizárólag a neopozitivista „tudományfilozófiát" taglalja. A „tudományelmélet" (Wissenschaftstheorie) címszó alatt – amit a szótár azonos értelemben használ a „tudományok tudományá"-val (Wissenschaftswissenschaft) – kizárólag szakdiszciplínáról beszél, amit a dialektikus és a történelmi materializmus, valamint a marxizmus–leninizmus egészére alapoz.[41] Létezik azonban olyan felfogás is, amely a „tudományfilozófiát", illetve „a filozófiai tudományelméletet" olyan kutatási területként jelöli meg, melynek tárgyköre részben fedi azt a filozófián belüli kutatási területet, amelyet egyfelől mint „a természettudományok

filozófiai problémái", másfelől pedig mint „a társadalomtudományok filozófiai problémái" tartunk számon.[42]

Eddigi fejtegetéseink konklúziójából adódóan a feltett kérdésre azt az előzetes, s ugyanakkor kategórikusnak tűnő választ kell adnunk, hogy a „tudományfilozófia", illetve a „filozófiai tudományelmélet" mint a marxista filozófia része, nem létezik. A tudománynak mint komplex társadalmi jelenségnek az alapvető filozófiai-világnézeti vonatkozásait a történelmi materializmus, a dialektikus materialista ismeretelmélet és a szubjektív dialektika vizsgálja. A „tudományok tudományá"-nak, illetve a „tudományelmélet"-nek mint szaktudományoknak a problémáiból és eredményeiből levont közvetlen filozófiai-világnézeti következtetések pedig a szaktudományok – a természet- és társadalomtudományok – filozófiai kérdésköréhez tartoznak.

„A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK FILOZÓFIAI PROBLÉMÁI" KUTATÁSI TERÜLET TARTALMA ÉS HELYE

A továbbiakban csak „a természettudományok filozófiai problémái"-val foglalkozunk. A félreértések elkerülése végett már most le kell szögeznünk, hogy a marxista-leninista filozófiában „a természettudományok filozófiai problémái" vagy „a társadalomtudományok filozófiai problémái" megjelölés alatt nem „tudományfilozófiát", nem „filozófiai tudományelméletet", és nem a „tudományelmélet" filozófiai problémáit értjük. Tény, hogy az adott terminus („... tudományok filozófiai") félreérthető, amit a neopozitivista filozófia kifejezetten kondicionál is. Meg kell kísérelnünk tehát a pontos válaszadást arra a kérdésre, hogy *mit értünk „a természettudomány filozófiai problémái"-n.* Mint látni fogjuk, ez egyáltalán nem egyszerű és könnyű feladat.

„A természettudományok filozófiai problémái" kifejezés, mint a filozófiai kutatások sajátos területének megjelölése, Lenin munkássága nyomán elsősorban a szovjet filozófiai irodalomban honosodott meg, a tartalmára és a rendszertani elhelyezésére vonatkozó vizsgálódások pedig az 50-es évek végétől datálódnak. A 20-as és a 30-as években még közkedveltebb volt a „marxizmus és természettudomány" megjelölés. A mélyebb tartalmi és rendszertani vizsgálat azonban kimutatja a „marxizmus és természettudomány", a „marxista filozófia és természettudomány", a „dia-

lektikus materializmus és természettudomány", illetve „a természettudományok filozófiai problémái" kérdéskörök vagy kutatási területek különbözőségeit is. Míg az első esetben („marxizmus és természettudomány") a marxizmus egészének – tehát a filozófiának, a politikai gazdaságtannak, a tudományos szocializmusnak – és a természettudományoknak a kapcsolatát vizsgáljuk, addig a második esetben („marxista filozófia és természettudomány") csupán e kapcsolat filozófiai aspektusa vetődik fel a maga teljességében, tehát jelen esetben a természettudomány és a dialektikus materializmus, a történelmi materializmus, valamint a marxista filozófiatörténet egymáshoz való viszonya képezi a vizsgálódás tárgykörét. A „dialektikus materializmus és a természettudomány" problémaköre ettől eltérően sokkal szűkebb, illetve más vonatkozású. A dialektikus materializmus a marxizmus általános filozófiája, ami a természettel, a társadalommal, a tudattal és a megismeréssel foglalkozó szaktudományok eredményeire épít. Szintjében és terjedelmében ugyancsak más problémakört jelent a napjainkban aktuálissá váló „történelmi materializmus és a természettudomány" viszonyának kérdéskomplexuma.

Lenin a természettudományban, pontosabban a fizikában bekövetkezett forradalom eredményeinek és az azokból levont filozófiai következtetéseknek a vizsgálatát specifikus filozófiai feladatnak minősítette. 1920-ban arról ír, hogy a „Materializmus és empíriokriticizmus" c. könyve „hasznos segédeszköz lesz, amely megismertet a marxizmus filozófiájával – a dialektikus materializmussal –, valamint a természettudomány legújabb felfedezéseiből levont filozófiai következtetésekkel"[34]. 1922-ben pedig a „természettudomány terén végbemenő legújabb forradalom által felvetett kérdések figyelemmel kísérésére" szólítja fel a marxista filozófusokat.[44] Az 1958-ban Moszkvában „a modern természettudományok filozófiai problémái"-ról tartott össz-szövetségi konferencia óta a filozófiának ez a kutatási területe – melynek tartalmáról és helyéről mindmáig viták folynak – reneszánszát éli.

A filozófusok többsége „a természettudományok filozófiai problémái"-t a marxista filozófia integráns részének tekinti. Léteznek azonban olyan áramlatok is, amelyek nem csupán megkérdőjelezik egy ilyen filozófiai kutatási terület létjogosultságát, hanem egész egyszerűen tagadják azt. Ez az úgynevezett praxisfilozófiai vagy ahogyan magyar képviselői nevezik magukat, „társadalomontológiai" irányzat.[45] „A természettudományok filozófiai problémái" kutatási terület létjogosultságának tagadása jelen esetben a marxista filozófia teljes revíziójával, átértelmezésével függ össze, melynek során felszámolásra kerül a dialektikus materializmus és a

történelmi materializmus. Ezt az irányzatot képviselő szerzők egy csoportjának a természet filozófiai megismerésével kapcsolatos véleménye a következőkben összegezhető: *a)* A magánvaló természet objektivitásának elismerése; *b)* a „természet-dialektika" tagadása; *c)* a természet önmagában nem filozófiai tárgykör. „A természet – írják – mint filozófiai tárgykör szerintünk a természet és a társadalom aktív, anyagi és szellemi viszonyában jelent meg, tehát mint – döntő – *társadalmi* probléma."[46] Így marad ki azután a dialektika történetéből Engels és Lenin, miután a dialektikát megengedhetetlen módon a természetre próbálták „kiterjeszteni".[47] E nézeteknek elméleti cáfolatát természetesen el kell végezni, ami nagy részben már meg is történt. Mint minden elméletet, így ezt a „koncepciót" is az elméleti cáfolatnál magasabb rendű kritikának kell alávetni, vagyis a gyakorlattal kell szembesíteni. Az elméleti viták a gyakorlattól elszakadva, elszigetelődve ugyanis meddővé, skolasztikussá válnak.[48] A természettudomány XX. századi fejlődésének és forradalmi átalakulásának gyakorlata egyértelműen a filozófiával való belső lényegi összefüggésére utal. A természettudomány immanens fejlődése veti fel ugyanis azokat az elvi-elméleti problémákat, amelyek szükségszerűen összefüggésben állnak a filozófiával. A természettudomány és a filozófia elválaszthatatlan kapcsolatának ténye, valamint az ebből fakadó szükségletek késztetik, sőt „kényszerítik" a természettudósokat és a filozófusokat arra, hogy „a természettudományok filozófiai problémái"-val foglalkozzanak. A természettudósok esetében ezt az empirikus tények sokasága igazolja (gondoljunk csak a kvantumelmélet vagy a genetika területein tevékenykedő szakkutatók szinte átfoghatatlanul széles körű szakmai-filozófiai tevékenységére). Felvetődik a kérdés: a marxistáknak napjainkban vajon csak azért kell foglalkozniuk a természettudomány filozófiai kérdéseivel, mert az imperializmus társadalmi talaja fenntartja és újjászüli az idealista, metafizikus, sőt kifejezetten misztikus és vallásos nézeteket és segíti ezek behatolását a természettudományba? Azt kell mondanunk, hogy nem, sőt nem is elsősorban ezért! „A természettudományok filozófiai problémái" által lefedett terület a kutatások sajátos, viszonylagos önállóságot mutató szintje, mely specifikus, objektív tárgykörrel rendelkezik.

„A természettudományok filozófiai problémái" kutatáskoncepciójának értelmezésében még azok körében is meglehetősen nagy a bizonytalanság, akik ennek a témakörnek a specialistái. H. Hörz számos elképzelés kritikai elemzése során arra a konklúzióra jutott, hogy „a természettudományok filozófiai problémái" területe egy speciális, úgynevezett integratív

filozófiai diszciplínának tekinthető.[49] 1977-ben viszont már ezzel homlokegyenest ellenkező véleményen volt. („Sie ist keine spezielle philosophisches Disciplin.")[50] Természetesen e bizonytalanságnak komoly tartalmi-elméleti forrásai vannak, szoros összefüggésben a marxista filozófia történeti fejlődésével, formaváltozásaival és struktúrájának ezzel együtt járó differenciálódásával.

„A természettudományok filozófiai problémái"-hoz hasonló szinten és terjedelemben mind a mai napig nem körvonalazódott „a társadalomtudományok filozófiai problémái" kutatási terület koncepciója. Ennek nem az az oka, mintha a marxisták nem foglalkoznának a társadalomtudományok, így például a történelem vagy a közgazdaságtan filozófiai kérdéseivel. Az ilyen jellegű kutatások azonban legtöbb esetben a „történelmi materializmus" keretei között nyernek kimunkálást és összegzést. A „történelmi materializmus" a marxizmus társadalomfilozófiájaként a dialektikus materializmushoz hasonlóan speciális filozófiai diszciplínaként egzisztál. A marxizmus a természet filozófiai szintű megismerésében egyre eredményesebbnek bizonyul. Bár a marxista – elsősorban a szovjet – filozófusok tekintélyes csoportja igen magas színvonalon munkálkodik e területen, az összegző és általánosító kutatásoknak még ma sem tisztázott a státusa. Ezeknek a kutatásoknak még nem alakult ki olyan szintű módszertani öntudata, amely lehetővé tenné a „természet-dialektikájá"-nak[51] a történelmi materializmussal azonos jellegű megformáltságát, tagoltságát. Egy ilyen marxista filozófiai diszciplína kialakulásának lehetőségeiről és perspektíváiról különböző intenzitással megmegújuló viták követhetők nyomon az irodalomban.[52] E polémiákban többek között az az álláspont fogalmazódott meg, miszerint ennek létrejötte elvileg is kizártnak tekinthető. Az e mellett szóló „legfőbb" érv: egy marxista jellegű „természet-dialektika" kidolgozására irányuló kísérlet nem eredményezhet mást, mint visszatérést a régi, éppen a marxizmus által meghaladott spekulatív természetfilozófiához. Most nem kívánjuk megismételni az ezzel az állásponttal szemben a viták során felhozott elvi-elméleti ellenérveket, hanem csupán a gyakorlatra, a tényekre hivatkozunk. A marxizmus nemcsak a spekulatív – vagyis az idealista, „metafizikus", a tudománytól elszakadó – természetfilozófiát, hanem a spekulatív társadalomfilozófiát is felszámolta, sőt éppen ennek ellenében alakította ki a történelmi materializmust. A spekulatív természetfilozófia felszámolása, kritikai meghaladása, a marxista filozófia és a szaktudományok – így a természettudományok – kapcsolatának új, a tényleges viszonyoknak megfelelő értelmezése, megítélésünk szerint nem aka-

dálya, ellenkezőleg, feltétele a marxista „természet-dialektika" kimunkálásának.

Prognózisunk – amit a marxista filozófia lényegére, továbbá alapstruktúrájának már a klasszikusok által körvonalazott, illetve kidolgozott eredményeire, valamint a marxista–leninista filozófia jelenkori fejlődésének tapasztalataira építünk – röviden a következőben foglalható össze: *a marxista filozófia formaváltozásának egyik alapvető tendenciája egy viszonylagosan önálló, a történelmi materializmussal analóg, vele egy rendszertani dimenzióba eső – tehát a „különös" szintjén levő – „természet-dialektika" diszciplináris kialakulása; nagyon valószínű „a természettudományok filozófiai problémái"-nak mint a filozófiai kutatások „egyes" szintjén levő speciális kutatási területnek a további fennmaradása.*

A marxista filozófia és a természettudományok kölcsönhatásának jövőbeli alakulásáról röviden még a következők mondhatók el:

A természettudományok és a természettudósok dialektikus viszonyának létrejötte[53] számos ma még aktuális vagy a közeljövőben várható filozófiai feladatot megszüntet, illetve megelőz, ami együtt jár azzal, hogy mindjobban előtérbe kerülnek a filozófia alapvető, általános funkciói.

Egyre erőteljesebben és közvetlenebbül érvényesül majd a tudományos filozófia, valamint a tudatos materialista világnézeti talajon fejlődő természettudomány összefüggésének, kölcsönhatásának *alapvető törvénye: a filozófia és a természettudományok eredményeinek konvergenciája.*

Mindezek ellenére „a természettudomány filozófiai problémái" kutatási terület – megítélésünk szerint – örök életű lesz. Ez két alapvető tényezőre vezethető vissza. Egyrészt, mint erre már Engels és közvetlenül a marxista filozófia vonatkozásában Lenin is utalt, a materializmus éppen a szaktudományok, így a természettudományok újabb és újabb eredményeinek alapján fejlődik. A dialektikus materializmus világképének megalkotása és továbbfejlesztése elképzelhetetlen a természettudományok eredményeinek figyelembevétele és feldolgozása nélkül. Így mindig szükség lesz a természettudományok, valamint a különös és az általános szintű filozófiai diszciplínák közti láncszemre, vagyis a természettudományok filozófiai problémáinak viszonylagosan önálló feldolgozására. Másrészt a természettudományok a valóság újabb és újabb dimenzióit, területeit tárják fel, és ebben a folyamatban olyan – az eddigiektől eltérő – ontológiai, ismeretelméleti, valamint gyakorlati problémákkal kerülnek szembe, melyek filozófiai analízise mindig is elméleti előfeltétele lesz sikeres továbbfejlődésüknek.[54]

Az elmondottakból többek között az következik, hogy „a természettudományok filozófiai problémái" kutatási témakör konkrét tartalma történetileg változik, melynek során a filozófiához, illetve a természettudományokhoz való viszonya is módosul.

Gyakran vetődik fel az a kérdés, hogy kik oldják meg az ilyen jellegű kutatási feladatokat, kik foglalkozzanak a természettudományok filozófiai problémáival? Mindmáig kétkedés és bizalmatlanság kíséri az ezen a területen dolgozók tevékenységét, sőt ezeket a kutatókat nem tekintik sem filozófusoknak, sem természettudósoknak. Való igaz, hogy a szó hagyományosan kialakult, „tisztán" elhatárolható diszciplináris értelmében ennek a témakörnek a szakemberei nem „természettudósok" és nem „filozófusok", ami azonban még egyáltalában nem jelenti azt, hogy nem tudósok, nem kutatók. Csupán arról van szó, hogy egy sajátos interdiszciplináris szakterület művelői. Tudományos rangjuk, ugyanúgy, mint az összes többi kutatási területen, elért eredményeik függvénye.

„A természettudományok filozófiai problémái" témakör a filozófia és a természettudományok találkozási pontjait képviseli, mely lényegét és feladatát tekintve a filozófiai kutatások egy viszonylag önálló, sajátos szintjét képezi. Az „általános" és „különös" szintű kutatásoktól eltérően itt a filozófiai kutatások „egyes" szintjéről van szó. Ez a kutatásnak egy diszciplinárisan nem körülhatárolható konglomerátuma, melyhez különböző tárgykörű, terjedelmű és szintű kutatási ágazatok, irányok, elméletek, hipotézisek stb. tartoznak. A jelenlegi szituáció egyik alapvető sajátossága az, hogy „a természettudományok filozófiai problémái" magukban foglalják a „különös", vagyis a „természet-dialektika"-i szintű kutatásokat és kutatási eredményeket is. Mindezek következtében a természettudományok filozófiai problémái kutatási konglomerátum összetevői szinte permanens módon és gyorsan változnak. Éppen ezért az ide tartozó kérdések csoportosítása meglehetősen nehéz, hiszen a rendszerezés maga is mozgó, dinamikus. Ennek a dinamizmusnak is vannak azonban konstans elemei, viszonylagos állandóságot mutató rendszerezési szempontjai. A csoportosítás ezek alapján végezhető el, ami a felosztási alaptól függően többféle lehet. Így például a természettudományok filozófiai problémáit csoportosíthatjuk a szaktudományok (a kozmológia, a fizika, a kémia, a geológia, a biológia stb.) szerint, továbbá a filozófiai problémák jellege, mibenléte alapján is. Legelterjedtebb az anyag–tudat, valamint a dialektika törvényeihez való viszony alapján történő megkülönböztetés. Más megközelítésben viszont a természettudományok filozófiai problémáinak ontológiai, ismeretelméleti és gyakorlati vonatkozásairól beszélhetünk.[55]

Napjainkban a marxista–leninista filozófia formaváltozásából, valamint a természettudományok alapvető szükségleteiből, tendenciájából következően egyre inkább előtérbe kerülnek: *a)* a természet objektív dialektikáját felvázoló ontológiai kutatások; *b)* a természettudományos megismerés dialektikájának feltárása, a természettudományos megismerés logikai elemzése; *c)* a természettudományok gyakorlati-társadalmi összefüggéseinek mindenoldalú bemutatása.

A természettudományok oldaláról közelítve a filozófiai problémák minimumáról és maximumáról beszélhetünk. A maximumot történetileg a tudományos forradalmak időszaka mutatja. Tárgyi és terjedelmi vonatkozásban a minimumot egy adott szaktudomány, kutatási ág vagy elmélet konkrét filozófiai problémái jelentik. A maximumot a modern természettudományos világkép kialakítása kíséri. Ez utóbbi azonban már a „természet-dialektika" tárgykörébe esik.

A minimum és a maximum közötti intervallumon belül a természettudományok filozófiai problémáinak számtalan tartománya, szintje, formája létezik. Fontosságánál fogva itt csupán két szintre, illetve tartományra utalunk: *a)* Egy adott természettudomány összefüggésrendszerei kimunkálásának filozófiai problémái. (Így a fizika esetében például a kvantumelmélet és a relativitáselmélet vagy a biológián belül a molekuláris biológia és az evolúciós elmélet egységének, összefüggésének feltárása.) *b)* A természettudományok közötti kölcsönös kapcsolatok kutatásának filozófiai problémái. Ez utóbbival kapcsolatban a fizika és a kémia, a kémia és a biológia, átfogóbban a fizika és a biológia viszonyának kérdéskörére mint aktuális problémára utalnánk. Ezen problémák megoldásának, tendenciájának, valamint a feladatok helyes megfogalmazásának igen nagy jelentősége van az oktatásban. Oktatási struktúránk korszerűsítése, tanterveink, tanagyagaink tökéletesítése nem nélkülözheti e problémakörök átfogó és alapos elméleti-filozófiai megközelítését.

JEGYZETEK

[1] *A. Rey:* La théorie de la physique chez les physiciens contemporains. Párizs 1907. A fenti gondolatokat *Lenin* idézi „Materializmus és empíriokriticizmus" c. könyvében. (Lásd *Lenin* Összes Művei. [LÖM] 18. köt. Kossuth Könyvkiadó 1964. 238—239. old.)

[2] A polgári filozófia jelzett irányzatának részletezett ismertetéseit lásd *A. Bogomolov*—

I. Melvil: A mai polgári filozófia főbb irányzatai. Kossuth Könyvkiadó 1972. I—II. fej.; *Márkus Gy.—Tordai Z.:* Irányzatok a mai polgári filozófiában. Gondolat 1964.; *Gedő A.:* Válságtudat és filozófia. Kossuth Könyvkiadó 1976.

[3] *Engels:* A természet dialektikája. (Marx—Engels Művei. [MEM] 20. köt. Budapest 1963. 343., 345. old.)

[4] LÖM 18. köt. 294—295. old.

[5] MEM 20. köt. 347. old.

[6] LÖM 18. köt. 288—289. old.

[7] Ugyanott, 285—286. old.

[8] *M. Bunge:* Filoszófija fiziki. Moszkva 1975. 18—19. old.

[9] LÖM 18. köt. 293. old.

[10] A természettudomány fejlődésének végső eszmei alapja a filozófiailag nem tudatosított, úgynevezett ösztönös materializmus. A természettudósok többsége ma is ennek a természettudományos materializmusnak híve. Ezen túlmenően elmondható az is hogy gyarapodik azoknak a természetkutatóknak a száma, akik vagy következetesen – mint például D. Bohm –, vagy olyan ellentmondásos formában mint például M. Planck – aki mindvégig megőrizte vallásos hitét – jutnak el a filozófiai materializmushoz. A polgári talajon megjelenő tudatos materializmusnak ma is a naturalista, a redukcionista (fizikai, fiziológiai) materializmus a leggyakoribb formája. Amerikában ezt az áramlatot W. Sellars, Y. Y. Smart, M. Farber képviseli. Nem kevés azonban azoknak a tudósoknak a száma, akik szakítani tudtak és tudnak a polgári ideológiával és eljutottak, illetve eljutnak a dialektikus materializmushoz. Példaként említhetjük J. D. Bernal, P. Langevin, G. P. Vigier, H. Wallon nevét. Ez az út sem ellentmondásmentes, gyakran jár kitérőkkel és visszalépésekkel, mint ezt J. B. S. Haldane esete példázza.

[11] *M. W. Wartofszky:* A tudományos gondolkodás fogalmi alapjai. Bevezetés a tudományfilozófiába. Gondolat 1977.

[12] A polgári filozófia természetesen igen sokszínű, hiszen benne tükröződnek a polgári társadalom rétegződései, a kapitalista fejlődés regionális sajátosságai, a burzsoá társadalom sorsfordulói. A pozitivizmus a szociológián keresztül hatol be a társadalomtudományba, s vele párhuzamosan egzisztál az idealista historicizmus. Ezzel egyidőben különböző vallási, filozófiai irányzatok váltakozásának lehetünk tanúi. Megállapíthatjuk, hogy a polgári filozófia társadalmi talajából következő lényegi kettősségét mind a mai napig a neopozitivizmus és az egzisztencializmus, a neopozitivista „szcientizmus", „technicizmus" és az egzisztencialista „humanizmus" fejezi ki.

[13] LÖM 18. köt. 239. old.

[14] *K. Kosik:* A konkrét dialektikája. Gondolat 1967. 35. old.

[15] Lásd *Gedő A.:* Id. mű. 277. old.

[16] *Beck M.:* Tudomány – áltudomány. Akadémiai Kiadó 1978. 118. old.

[17] Tanulságosak, megszívlelendők és egyéb területekre is vonatkoztathatók Beck Mihály következő szavai: „A két társadalmi rendszer tudományos vetélkedésének fattyúhajtásaként a tőkés világ országainak áltudósai azzal akarnak hivatalos támogatásra szert tenni, hogy szocialista országokban tevékenykedő kollégáik eredményeire és elismeréseire hivatkoznak és viszont. A nyugati országokban azért üdvözlik oly lelkesen az egyes szocialista országokban olykor megmutatkozó áltudományos, főleg parapszichológiai vizsgálódásokat, mert abban a materializmus elveinek feladását látják." (Id. mű. 119. old.)

[18] *T. Kuhn:* The Structure of Scientific Revolution. Chicago 1962. E koncepciók értékelése körül vita bontakozott ki a szovjet irodalomban. Az ezzel kapcsolatos megítélések eltérőek. A „paradigma" fogalmát számos szovjet szerző (gyakran meglehetősen eltérő tartalommal) használja. Mások kerülik ezt és a tudományos gondolkodás logikai-ismeretelméleti alapjaiban bekövetkező változás jellemzésére a „racionalitás-típus" fogalmát használják. Természetesen a probléma nem csupán terminológiai jellegű. Megítélésünk szerint a Kuhn-féle paradigma-felfogás pozitivista alapokon nyugszik. A tudományos forradalmakról szóló elmélete is hasonló egyoldalúságokat mutat. A felvetődő elvi problémák a tudományos forradalmak engelsi és lenini koncepciójával történő szembesítést igénylik. Ezzel kapcsolatban nem árt arra is utalni, hogy a „modern" polgári filozófia „legújabb" produktumai nemcsak elvileg és elméletileg, hanem időben is messze elmaradnak a marxizmus meglevő eredményeitől.

[19] Itt három, könnyebben hozzáférhető összefoglalásra utalunk: *Bóna E.–Farkas J.–Klár J.–Lőrincz L.–Paczolay Gy.:* A tudomány néhány elméleti kérdése. (Tudományszervezési füzetek.) Akadémiai Kiadó 1970. 110–119. old.; *P. Kopnyin:* Dialektika, logika, tudomány. Kossuth Könyvkiadó 1974. 7–8. old.; továbbá Ember, tudomány, technika. (Kísérlet a tudományos-technikai forradalom elemzésére.) Kossuth Könyvkiadó 1977. 47–56. old.

[20] *V. A. Ambarcumjan–V. V. Kazjutyinszkij:* Gyialektyika–metodologija i logika razvityija szovremennovo jesztyesztvoznanyija. („Problemi filoszofiji i metodologiji, szovremennovo jesztyesztvoznanyija".) Nauka 1973. 11 37. old.

[21] MEM 1. köt. Budapest 1957. 519. old.

[22] Lásd erről: Z. *M. Orudzsev:* Gyialektyika kak szisztyema. Nad csom rabotajut, o csom szporjat filoszofiji Moszkva 1973.

[23] Ennek részletes elemzését lásd *Farkas Miklós* e kötetben megjelent dolgozatában. (Matematika és objektív valóság.)

[24] *D. P. Gorszkij:* Voproszi absztrakciji i obrazovanyije ponyatij. Moszkva 1961. 78. old.

[25] *A. Pap:* Mathematics, Abstract Entities and Modern Semantics. (Minneapolis) 1957. 85. évf. 1. sz.

[26] Meg kell jegyeznünk, hogy a logikai-szemantikai pozitivizmus problémafelvetéseinek kritikátlan átvétele, bár részleges formában, de megtalálható marxista szerzőknél is. Ezt példázza *Földesi T.:* A „megismerhetőség" modern problémái (Kossuth Könyvkiadó 1971.), valamint az „Igazság az igazságról" (Kossuth Könyvkiadó 1976.) c. írása.

[27] *W. Heisenberg:* Válogatott tanulmányok. Gondolat 1967. 22–23. old.

[28] Igen tanulságos a pozitivista felfogás kritikája szempontjából az elemek előrejelzésének és a periódusos törvény értelmezésének különbözősége L. Meyer és Mengyelejev felfogásában. Lásd erről *Hronszky I.–Varga M.*: Történeti tudományelméleti megjegyzések a kémiáról. Akadémiai Kiadó 1978. 69–79. old.

[29] *Fehér M.–Hársing L.:* A tudományos problémától az elméletig. Kossuth Könyvkiadó 1977. 181–182. old.

[30] *M. W. Wartofszky:* Id. mű. 124. old.

[31] E probléma részletesebb elemzését lásd: *Horváth J.* e kötetben megjelent dolgozatában. (A „fizikai realitás" mint probléma.)

[32] *W. Heisenberg:* Id. mű. 33. old.

[33] *Fényes I. Horváth J.:* Az elvi koordináció lenini kritikája és a kvantumelmélet néhány ismeretelméleti problémája. „Tanulmányok Engels születésének 150. és Lenin születésének 100. évfordulójára." ELTE TTK Filozófia Tanszék. Budapest 1970. 10. old.

[34] *Marx:* Tézisek Feuerbachról. (MEM 2. köt. Kossuth Könyvkiadó 1963. 365. old.)

[35] *Engels:* Id. mű. (MEM 20. köt. 504. old.)

[36] E fordulat eredményeinek részletes elemzését lásd *Szigeti József* e kötetben megjelent tanulmányában. („A filozófia és a szaktudományos megismerés természete, s a tudományosság lényegi konstituenciái".)

[37] Az elnevezés az angol „science of science" fordítása (mely terminus egyes szerzők szerint M. Ossowska és S. Ossowski lengyel szociológusoktól, 1936) származik és J. D. Bernal révén terjed el. Ossowskáék kísérlik meg első ízben a tudományok tudományának diszciplináris felosztását. Az elnevezésre vonatkozóan különböző javaslatokkal találkozhatunk. Magyarban például a „tudománytan", a „metatudomány", az oroszban a „nauka o nauke" („nauka nauk"), a „naukovegyevenyije", a németben a „Wissenschaftswissenschaft".

[38] Átfogó ismertetést ad erről *Bóna E.–Farkas J.–Klár J.–Lőrincz L. Paczolay Gy.:* A tudomány néhány elméleti kérdése c. 1970-ben megjelent könyve. Lényegében ezek egy részét tekinti át ismételten *Fehér M.–Hársing L.* - A tudományos problémától az elméletig c. 1977-ben megjelent írása.

[39] Ezt az álláspontot képviseli *Bóna E.-Farkas J.–Klár J.–Lőrincz L.-Paczolay Gy.:* Id. mű. 210. old.

[40] Mint azt Fehér M. -Hársing L. írják. (Id. mű. 13. old.)

[41] Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zur den Philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. Berlin 1978. 717–721., 1015–1021. old. A szótár külön címszót szentel még a szcientizmusnak, valamint a tudománylogikának.

[42] *Bóna E.–Farkas J.–Klár J.–Lőrincz L. -Paczolay Gy.:* Id. mű. 186–187. old.

[43] LÖM 18. köt. 11. old.

[44] LÖM 45. köt. 29. old.

[45] Ennek az irányzatnak a képviselői a filozófián túlmenően egy meghatározott általános ideológiai és politikai platformot képviselnek, sőt egyáltalában ez határozza meg filozófiai állásfoglalásaik elvi irányát. Lásd erről: „Az MSZMP KB mellett működő Kultúrpolitikai Munkaközösség *állásfoglalása* néhány társadalomkutató antimarxista nézeteiről" c. 1973-ban nyilvánosságra hozott dokumentumot. (MFSz 1973. 1–2. sz.)

[46] *Fehér E.–Heller Á.–Márkus Gy.–Vajda M.:* Feljegyzések Lukács elvtársnak az ontológiáról. MFSz 1978. 1. sz. 97. old. A dolgozat eredetileg 1976-ban a „Telos" c. amerikai „újbaloldali" folyóiratban jelent meg.

[47] *Tordai Z.:* Bevezetés. P. T. de Chardin: „Az emberi jelenség" c. könyvéhez. Gondolat 1973. 22–24. old.

[48] MEM 2. köt. 365. old.

[49] *H. Hörz:* Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften. Berlin 1974. 112-113. old. Hasonló kijelentés található, minden indoklás és hivatkozás nélkül Fehér M.–Hársing L. idézett könyvében: „Meg kell végül különböztetnünk a tudományelméletet a »természettudományok filozófiai problémái« és a »társadalomtudományok filozófiai problémái« elnevezésű filozófiai diszciplínáktól." (Id. mű. 14. old.)

[50] *H. Hörz:* Philosophie und Naturwissenschaft – Aufgaben und Tendenzen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zur Berlin. Matematisch-Naturwissenschaftliche Reihe, 1977. 1. sz. 33. old.

[51] A marxista filozófia általános lényege a materializmus és a dialektika, mely a természettudományok kutatási és diszciplináris szintjét megalapozza. A „történelmi materializmus" formula, ahol a „történelmi" a dialektikus jelleg kifejezője, terminológiailag is elkülöníti a marxizmus társadalomfilozófiáját minden más történetfilozófiától. Hasonló a helyzet a „természet-dialektika" formula esetében - ahol a „természet" a materialista jelleg kifejezője –, amely lehetőséget ad arra, hogy terminológiailag is elhatárolódjon a régi (és új) spekulatív természetfilozófiáktól.

[52] A Szovjetunióban az 50-es évek második felében kezdődtek ilyen viták és a 60-as években felerősödtek. E viták egyik magyar nyelven is hozzáférhető összefoglalása: *M. N. Rutkevics:* Közelítsük egymáshoz a tudományos nézőpontokat. (Dialektikus materializmus szakosító szemelvénygyűjtemény. Kossuth Könyvkiadó 1969–1970.) Magyar filozófusok kollektív vitafórumon „a budapesti dialektikus materializmus szeminárium" keretében – foglalkoztak ezzel a problémával. (A marxista természetfilozófia kidolgozásának lehetőségéről. M. M. M L. Tájékoztató 1969. 2. sz. melléklete.)

[53] A természettudomány és a filozófia viszonyának ez utóbbi aspektusára *Rudas László* hívta fel a figyelmet. (Lásd Elmélet és gyakorlat. Szikra 1950. 87. old.)

[54] „A természettudományok filozófiai problémáival" egy síkban helyezkednek el „a társadalomtudományok filozófiai problémái", de ide sorolhatnánk még a tudatra, illetve a megismerésre vonatkozó szaktudományos jellegű filozófiai problémákat is. Összefoglalóan tehát „a szaktudományok filozófiai problémái"-nak kutatási szintjéről beszélhetnénk.

[55] Vö. *R. V. Garkavenko:* O klasszifikaciji filoszofszkih problem jesztyesztvoznanyija. („Problemi filoszofiji i metodologiji szovremennovo jesztyesztvoznanyija.") Moszkva 1973. 266-269. old.

SZÍGETI JÓZSEF

A filozófiai és a szaktudományos megismerés természete — a tudományosság lényegi konstituenciái

I. A FILOZÓFIA: TUDOMÁNYOS VILÁGNÉZET, A KUTATÁS ÉS CSELEKVÉS PERMANENS ESZMEI ALAPJA

Szójelentés és fogalmi tartalom

A filozófus – φιλοσοφος és a filozófia – φιλοσοφια szavakról rendszerint töprengés nélkül elmondják, hogy eredeti görög jelentésük a bölcsességet szerető ember, illetve a bölcsesség szeretete. Ám csak elvétve teszik már hozzá, hogy az összetett szó – amelyben φιλος jelenti a szeretőt – második tagja a σοφια eredendően nem valami passzív, szemlélődő tudást jelentett, az élettől elforduló és elszakadó bölcsességet, hanem mindenfajta testi-gyakorlati, valamint szellemi-elméleti tevékenység és képesség magasfokú birtoklását és hatékony kifejtését. Pedig éppen a szónak ehhez a mélyebb értelméhez kapcsolódik a marxista–leninista filozófia, s nemcsak felidézi a filozófia és filozofálás ezen őseredeti értelmét, hanem a történelmi fejlődés összehasonlíthatatlanul magasabb fokán, új osztályalapokon, a mindenfajta kizsákmányolás és osztályelnyomás ellen harcoló, az emberiség új, valóban szabad életét megvalósító kommunista társadalomért küzdő munkásosztály közegében teszi lehetővé és szükségszerűvé elmélet és gyakorlat egységének egyre szélesebb körű és mélyebbre hatoló, tömegeket átfogó megvalósulását.

Maga a közvetlen szójelentés azonban még optimális esetben sem fejezheti ki azt a sokrétű fogalmi tartalmat, amelyet csak az adott jelenség lényeges összefüggéseit megragadó elméleti elemzés kölcsönözhet a szónak, a határozott fogalom rangjára emelve, műszóvá téve azt. S a kérdéses jelenség elemzése, a filozófia történeti változásainak és fejlődésének marxista feldolgozása azt mutatja, hogy a filozófia tudományos, vagy legalábbis – a marxizmus előtt – tudományos igényű *világnézet*, módszerét és tárgyát, társadalmi jellegét és ideológiai funkcióját tekintve – jóllehet

tudományos jellegét kezdettől fogva ellentétes irányainak, a materializmusnak és idealizmusnak harcában dolgozza ki. A tudományosság fogalmát persze a különböző történelmi korszakok reális lehetőségeinek értelmében kell venni. Nem szabad elszakítani a tényleges társadalmi feltételektől. *A szó szigorú értelmében vett tudománnyá, nemcsak tudományos világnézetté, hanem világnézettudománnyá, fejlődő, eleven, gyakorlatilag egyre hatékonyabb elméletté csak a marxizmus–leninizmussal vált a filozófia.*

A világnézet nemcsak nézetek összessége, oldottabb vagy kötöttebb rendszere a világról, nem passzív lenyomat, hanem aktív eszmei erő. Értékeléseink és magatartásunk, állásfoglalásaink és cselekedeteink belső eszmei meghatározója, permanens eszmei motivációs rendszere. Az idealista világnézet is az, torz elméletének megfelelő torz gyakorlatával, amelyre a tények végül is mindig rácáfolnak. Minél tudományosabb azonban a világnézet, annál inkább lehet a cselekvés igazi vezérfonala. A világ elméletileg igaz képe helyesebb cselekvést biztosít, mint a hamis. Így hát a két oldal, a nézet és az értékelés, az eszme és az eszmény, az idea és ideál nem egymástól elszakított szférák, mint az idealista filozófiákban, amelyek szívesen választják el a tudományos kontemplatív mozzanattól a prófétikus cselekvőt. S ha a tudományos elméleti oldalt az idealizmus tevékenynek fogja fel, úgy ez a tevékenység nem töri át a kontemplációt, mert tette csak szellemi tett: csak képzeli és beképzeli, hogy a valóság menetét szellemi cselekedetei irányítják; de más az elmélet és más a gyakorlat. Amennyiben viszont a cselekvő prófétikus oldal egyben kontemplatív is, annyiban fogva marad az impulzív tevékenység közvetítetlen aktivitásban, közönséges aktivizmus, tevékenykedés értelem nélkül, mert a valóságos világból kifejtett elvek helyett szubjektív indíttatású vágyképek „irracionális" sugallata vezeti.

A filozófia mint tudományos világnézet elméleti és gyakorlati mozzanatai összefüggő, bár korántsem homogén egészet alkotnak. S ez érthető. Hiszen még egy korlátolt gyakorlat is szükségképpen formálja, s új problémákkal szembesíti nézeteinket, elméleti felfogásunk viszont mélyen befolyásolja állásfoglalásainkat, cselekedeteinket. Nem mindegy azonban, hogy milyen kerülőutakon át, milyen tévelygésekkel, milyen szélességben és mélységben érvényesül ez a kölcsönhatás. Hogy a filozófia elméleti és gyakorlati oldala egység, pontosabban kettősegység, azt a régi materializmus is jól tudta és Pierre Gassendi a XVII. század jelentős atomistája szépen meg is fogalmazza: „A filozófia a bölcsesség szeretete, tanulmányozása és gyakorlása. A bölcsesség pedig nem más, mint a

lélek készsége arra, hogy helyesen vélekedjék a dolgokról és helyesen cselekedjék az életben."[1]

Ám az a *világtörténeti igazság*, amit semmiféle nem-proletár filozófia nem tud és nem is tudhat, sem Marx előtt, sem Marx után – amikor a marxizmus egyes elemeit átveszi, rendszerint azért, hogy az egész marxizmus–leninizmussal fordítsa szembe – abban áll, hogy a filozófia reális alapja társadalmi létünkben rejlik. Az anyagi létnek ez a fajtája az, nem pusztán a természeti, amit a természetihez hasonlóan a legszigorúbb tudományossággal kell megérteni és elméletileg feldolgozni ahhoz, hogy a tudományos világnézet a valóságból fejtve ki elveit, az elvek alapján változtassa meg a valóságot. Ily módon a munkásosztály filozófiája nem pusztán az egyének, vagy elszigetelt csoportjaik, hanem a legszélesebb tömegek forradalmi társadalmi cselekvéseinek tartós eszmei alapja. Történelmi tettek vezérfonala, amely egy világátformáló gyakorlatban teljesedik ki. Ebből a legmagasabb nézőpontból kiindulva tekintette Marx az egész addigi filozófiát – a mechanikus materializmust, a XVIII. század franciáit és Feuerbachot, és az idealizmus dialektikus formáját is, a klasszikus német filozófiát s annak hegeli betetőzését – végeredményben kontemplatívnak, a magáét pedig gyakorlatinak: „A filozófusok a világot csak különbözőképpen *értelmezték;* a feladat az, hogy *megváltoztassuk.*" Lenin pedig e gyakorlat valódi természetének elvtelen opportunista megtagadóival szemben annak az általa megfogalmazott igazságnak a jegyében győzött, hogy „forradalmi elmélet nélkül nem lehet forradalmi mozgalom sem"[2].

Tudományos és nem-tudományos világnézet

A filozófia mint tudományos jellegű világnézet éppen megkülönböztető jegye, a tudományosság alapján világosan elhatárolódik a világnézetek más fajtáitól, azoktól, amelyek nem-tudományos nézetek a világról. S mint nem-tudományos nézetek adott esetben – a tudományosság kifejlődésével és önállósulásával párhuzamosan növekvő mértékben – tudományellenesek. Ilyen nem-tudományos világnézetek mindenekelőtt a különböző vallásos nézetek, akkor is, ha esetenként igyekeznek ezeket tudományos módon kifejteni, összefüggő, koherens rendszerré formálni, mint a kereszténységnek, a nagy világvallások egyikének katolikus és protestáns teológusai teszik. Ám az „irracionális" tartalom, amely nem a valóság megismeréséből, hanem reális összefüggéseinek a túlvilágiság

jegyében történő misztifikálásából származik, szembekerül a racionális formával és lerontja azt. A külső, kényszerűségből eredő igény a tudományra nem azonos a belső, szükségszerűségből fakadó igénnyel, a valóság megismerésének és gyakorlati elsajátításának azzal a követelményével, amelynek még az idealista filozófia is – osztálymegbízatása szellemében – ilyen vagy olyan fokon eleget kell hogy tegyen, ha nem akar eleve lemondani sajátos ideológiai hatáslehetőségeiről, közvetlenül feloldódva a vallásban.

A tudomány előtti, alatti vagy melletti, de – bármit mondjanak is erről a polgári ideológusok – sohasem tudomány utáni és fölötti világnézetek nem merülnek ki a vallásos nézetekben. Főleg a polgári társadalom óta nem, amely laicizálta és pluralizálta a maga ideológiáját, e tekintetben is elhatárolódva a kapitalizmus előtti gazdasági-társadalmi alakulatoktól, amelyeket a mágikus-vallásos ideológia szinte korlátozatlan uralma jellemzett. (Csak az imperialista rekació használja fel ismét nagy arányokban a burzsoá állam ideológiai eszközeként a vallást, nagyon is evilági céljai érdekében. Különösen azóta, hogy szembetalálta magát a Szovjetunió, majd a szocialista világrendszer létével.) A nem-tudományos világnézet fogalmába, bár a határok ma, a marxizmus-leninizmus forradalmi kibontakozása nyomán fölöttébb cseppfolyóssá váltak a tudományosságra éppen csak igényt tartó, de attól egyre teljesebben elidegenedő polgári filozófiai irányzatok és a divat ideológiák között, éppúgy beletartoznak a l'art pour l'art esztétizáló nézetei, továbbá a katedrán vagy a katedrán kívül hirdetett profétikus politikai és moralizáló nézetek, s a klasszikus kapitalizmusra oly jellemző – Engels találó megnevezésével – jogászi világnézet, mint akár ez utóbbi mai testvérei, a szaktudományos nézetekből a szaktudomány mellé helyezkedő és ebben a formában abszolutizált, világnézetté öblösített és ezzel valódi tudományos tartalmától megfosztott koncepciók és metodikák, korunk újpüthagoreista mítoszai. A matematikától, mint egyetemes érvényű, de formális jellegű szaktudománytól elszakadt matematicizmus, a kibernetikától, az új és értékes szaktudománytól elváló, a tudományos filozófiával szembefordított kibernetizmus, vagy a valóságos struktúrák kutatásáról lemondó strukturalizmus, a világnézeti zűrzavarok és zűrzavaros világnézetek fontos eszmei forrásai és megnyilatkozásai. Pluralizmusukban a burzsoázia osztályérdekei vonják meg a szigorú monista határt, teszik ezeket a polgári ideológia monizmusának pluralisztikus megjelenési formáivá.

Akár tudományos, akár nem-tudományos vagy tudományellenes legyen is a világnézet, maga a világnézet, mint olyan, mint eszmei-ideológiai képződmény minden esetben fogalmi jellegű: legalább alapelveiben, axiómáiban tételesen megfogalmazott. A megfogalmazás persze lehet adekvát vagy inadekvát, s adott esetben fogalmisága is a fogalom valódi természetének és rendeltetésének arculcsapása.

Mint fogalmi jellegű képződmény, a világnézet nem tévesztendő össze a puszta érzülettel. Minden egyes emberben kialakul egyéni fejlődése, társadalmi nevelődése során egy társadalmilag, osztálytársadalmakban osztályszerűen közvetített emocionális-affektív viszony a világhoz – természethez, társadalomhoz, dolgokhoz, emberekhez. Ez az érzés az egyén felnövekvése során a világnézet érzelmi alapjává válik. Minthogy azonban spontánul is szavakba kívánkozik, továbbá eszmei motívumok kezdettől fogva beleszövődnek, azért természetszerűleg halad a tudatosodás, a történelmi és osztályszerű feltételek által adott világnézet elsajátítása és gyakorlása felé. S most már a világnézeti eszmék formálják és alakítják az életérzést és magatartást; adott esetben – radikális társadalmi változások, vagy az egyes egyedek életszituációjának gyökeres megváltozása esetén – teljesen át is alakítva azt. Világnézet és annak emocionális tartalma így általában egységben és összhangban vannak egymással.

A döntő meghatározó szerep ebben az egységben az intellektuális tartalomé, a nézeté és belátásé, nem az érzésé, minden ember esetében; mert különböző intellektuális szinten minden ember rendelkezik világnézettel. „Miért szolgáljon éppen az érzület a nézet és nem megfordítva, a nézet és belátás meghatározott módja az érzület alapjául? Az utóbbi elv... történetibb" – írja az ifjú Marx az érzületet még a filozófusok esetében is előtérbe helyező filozófiatörténészek ellen. Lenin pedig arra mutat rá a tudományos megismerés emóciótlan objektivitásának híveivel szemben, hogy „»emberi emóciók« nélkül ... nem volt, nincs, és nem is lehet igazságkeresés"[3]. Nincs, és nem is lehetséges az emberiség történetében sem a társadalmi gyakorlatban, sem a művészetben, sem a tudományban olyan kimagasló tett, amely nem az intellektus vezette szenvedély hajtóerejének segítségével jött volna létre; jóllehet a tudományos elméletben ez a szenvedély feloldódik és eltűnik az elméleti objektivitásban. Csak átmeneti korszakokban – és az egyes egyedek a koráramlatokkal nem mindig szinkronban levő fejlődési átmeneteinél – merül fel

az a leküzdendő kettősség –, amely leküzdetlenségében tragikus meghasonlottság forrásává is válhat –, hogy valaki érzéseiben még a múlthoz tapad, amikor tudatosan, világnézetében és cselekedeteiben már igyekszik elsajátítani az újat. Ennek fordított tükörképe az, amikor a már erősödő új érzés és tevékenység még nem képes megszabadulni a régi – teszem vallásos – nézetek béklyóitól.

A világnézet alakulásának ez a többszintű dialektikája nem homályosíthatja el azonban sem azt, hogy a világnézet fogalmi konstitúciója folytán, intellektuális jellegéből eredően az elméleti tudatosodás és elmélyülés, a világ módszeres és rendszeres megismerése a filozófia felé vezet, sem azt a másik nevezetes tényt, hogy a történelmileg jelentős szerepet játszó világnézetek társadalmi-történeti szükségszerűséggel létrejött eszmék: ideológiák, melyeket egy-egy osztály érdekei és történeti szerepének sajátosságai határoznak meg, gyakorlati tettekké váltva őket.

A filozófia tárgya a világegész és nem az egész világ

A világ módszeres és rendszeres filozófiai megismerése nem jelent egyet az egész világ megismerésével. A filozófia nem az egész világot tanulmányozza, tárgya a *világegész*. Nem feladata, hogy „az összes dolgokról és még egynéhány egyébről" - Dühring úr modorában és technikájával – szóljon. A világegész nem az egész világ. A világegész fogalmában – s ez a fogalom valóságos ontikus összefüggést tükröz vissza hűen – a hangsúly az egészen, mint részletektől megkülönböztetett egészen van. S azért lehet teljes joggal ezen, mert ez az egész éppen mint egész, önmagát különbözteti meg részeitől. Lényeges részrendszerei még meg sem születtek, vagy már el is múltak: még meg sem született a Földön az emberi társadalom és társadalmi ember, vagy régen kipusztult már az őslények világa, s az óriás sárkánygyík átadta helyét mai utódának, a törékeny gyíkocskának, de az anyag különböző fejlődési formái – már és még – egyazon általános dialektikus törvényeknek engedelmeskednek.[4] A dialektikus és történelmi materializmus alapján lehet képünk a világegészről akkor is, ha nem ismerjük konkrétan – mert történetesen nincs szükségünk erre az ismeretre, vagy mert a szaktudomány sem derített még fényt a dologra – valamely részfolyamatát. Lehet képünk az életmód és táplálkozás társadalomtörténeti jelentőségéről, ha nem is ismerjük kielégítően az emésztés konkrét fiziológiai folyamatát.

A világegész megismerése nem pusztán egy lehetséges tudományos

eszmény, hanem a tudomány fejlődésének alapvető belső törvényszerűsége. Nélküle nincs valójában részletmegismerés, szaktudományos megismerés sem. Maga a megismerés pedig nemcsak folyamat, de eredményt, igaz ismeretet hozó folyamat, olyan, amely nem merül ki a keresésben. Mert e mozgás fővonalát tekintve minden kutatás találathoz és minden találat újabb, mélyebb és szélesebb összefüggések kutatásához vezet, egyre magasabb szinten. Aki mindig csak keres, de sohasem talál, vagy mindig csak mellétalál, az keresésének komolyságát önmaga teszi kétessé.

A világegész és az egész világ megkülönböztetése, a szaktudományok kialakulása és viharos fejlődése óta különösen fontos. Első tekintetre úgy tűnik, a két fogalom hézagtalanul egybeesik a filozófiai és a szaktudományos megismerés tárgyával. Hiszen a világegész fogalmában a világ egész mivolta, átfogó összefüggései domborodnak ki. Ezt kutatja és tárja fel a par excellence világnézettudomány, a filozófia. Az egész világ fogalmában viszont a részletekre, ezek hiánytalan összességére esik a hangsúly, mint a szaktudományos megismerés sajátlagos tárgyára.

A dogmatikus abszolutizmus és a nihilista (agnosztikus) *relativizmus megismeréskoncepciójának bírálata*

Ez a felfogás azonban ebben a formában még merev és egyoldalú. Főként azért, mert nem vet számot azzal a tagadhatatlan ténnyel, hogy az empirikus valóság szélességben és – mint Lenin hangsúlyozta – mélységben is kimeríthetetlen. Így a szaktudomány nem érheti el az egész világ megismerését, legfeljebb e felé tart. S ha ráadásul az egész világot és a világegészet még össze is tévesztik egymással, úgy menthetetlenül megszületik az az abszolutisztikus, dogmatikus tudományeszmény, amely az egész végtelen világegyetem teljes, egyszer s mindenkorra lezárt ismeretének feladatát állítja oda a szaktudomány és a filozófia elé közös célként. Az idealista módon túlfeszített, teljesíthetetlen és illuzórikus követelmény pedig, amit az igények és teljesítmények kibékíthetetlen ellentmondása nap mint nap leleplez, szükségképpen kiábrándulást, dezillúziót szül mind a szaktudománnyal, mind a filozófiával szemben.

Ez a szkepszis – amely azonban nem szakad el attól, amit kétségbevon, amely nem képes a tagadást új, pozitív koncepcióba átfordítani[5] – fejeződik ki Bertrand Russell korántsem tréfás definíciójában a filozófusról és szaktudósról. Filozófus az az ember, aki egyre többről és többről

egyre kevesebbet és kevesebbet tud, szaktudós pedig az, aki egyre kevesebbről és kevesebbről egyre többet és többet tud. Szkepszisének éle nemcsak a filozófust, a szaktudóst is megsebzi. Érdemes-e az apró részletekről egyre többet tudni, ha a táguló egészről egyre kevesebbet tudunk? – ez kicsengése.

Russell definíciója mögött már a tudomány értékével szemben létrejött későpolgári nihilizmus tétele is feldereng: a mindenről való semmittudás és a semmiről való mindentudás egységének gondolata. A következetesen végigvitt szkepticizmus szükségszerű következménye ez. Csak a határátmenetet kell gondolatilag megtenni. Csak a szkepszis mennyiségi jellegű potenciális végtelenjét kell átvezetni a minőségi jellegű aktuális végtelenbe, az extenzív végtelent az intenzívbe. Ami egyre kisebb és kisebb lesz, ami szakadatlanul csak fogy, az végül is elfogy, semmivé válik, akkor is, ha pusztán mennyiségileg tekintve a csökkentés folyamata vég nélkül folytatható. Mert a csökkenés irányát kezdettől fogva ez a semmi szabta meg. Ez volt az a „határérték", az a minőségi határ, amelyet eleve feltételezett, amely felé kezdettől fogva haladt. Ennek elérésétől éppen ezért csak erőszakkal lehet visszatartani. E korántsem gyengéd erőszak érvényesítésének módja az, hogy a mennyiségi oldalt elszakítják a minőségitől; holott a két kategória a legszorosabban összefügg. Ugyanez a helyzet a növekedéssel is; csak a mozgás iránya fordított. Az egyre több és több, ami mennyiségi növekedésének bármely fokán megállítva véges nagyságot ad, kezdettől fogva egy végtelen összesség, a *minden* minőségi meghatározottsága, aktuális végtelenje felé tart.

Így most már – e határátmenet ismeretében – teljesen közömbös, hogy a filozófus a mindenről tudja-e a semmit, vagy a szaktudós a semmiről a mindent. Mindkét tudás egyaránt semmis. Mindkettő a tudós tudatlanság, a „docta ignorantia" kifejezője. Vagy még inkább a doctus ignorans tudatlan tudósságáé, a társadalmi értelemben öntudatlan tudományosságé, amely céltalannak tekinti saját erőfeszítéseit. Szemben áll tehát a docta ignorantia – korántsem csak Cusanusnál meglevő – eredeti koncepciójával, amely az emberi ész dialektikus erőfeszítése volt, hogy a problématudat segítségével túlkerüljön történelmileg adott korlátain, új elméleti és gyakorlati hódító utakra indulva.

Az állammonopolista kapitalizmus tudományos nagyüzemeinek antagonisztikus mozgásformái, feloldatlan, részben antinomiává merevedett ellentmondásai első pillantásra még a nihilizmusig elmenő relativizmust és szkepticizmust is igazolni látszanak. Egymást kizáró végletek teszem a filozófiának szánt uralkodói szerep: az, hogy a tudományok tudománya legyen, mint a tomizmus képzeteinek egében, amelynek hatását a földi valóságra nem szabad lebecsülni, és a filozófiának szánt Hamupipőke-szerep, amelyre a tudományos világnézet lehetőségét és szükségességét programszerűen tagadó neopozitivizmus kárhoztatja a filozófiát, egy szaktudománnyá téve a sok között. Ám a valóságos mozgás végső soron mégiscsak más még itt is, összetettebb és bonyolultabb. Áttöri és cseppfolyósítja, majd persze újból ki is kristályosítja a kibékíthetetlen ellentmondásokat és antinomiákat, mint ahogyan a tőkés válság konjunktúrát s a konjunktúra újra válságot szül, ha e mozgás *periodikussága el is fajul a klasszikus kapitalizmushoz képest.*

Egyfelől az egész világot, a természetet, társadalmat és az emberi tudatot egymás közt felparcellázó, részleteiben is egyre inkább elsajátító, de soha ki nem merítő szaktudományok sem semlegesek világnézetileg. Világnézeti relevanciájuk tárgyuktól, módszereiktől, társadalmi meghatározottságuk sajátosságaitól és az adott tudománytörténeti helyzettől függően egészükben és egyes felismeréseikben is nagyon különböző lehet. De semmilyen világnézeti relevanciával nem rendelkezhetnének, ha valóban csak az egész világ megismerésére törekedve egyre többet és többet tudnának egyre kevesebbről és kevesebbről és egyáltalán nem vonatkoznának a valóság lényegi összefüggéseire, a világegészre, mint egészre. Másfelől a legidealistább polgári filozófia sem nélkülözheti a szaktudományokra való támaszkodást, habár ez a támaszkodás szerfölött problematikus. Királyi szerepét játszva éppúgy kiforgatja ezeket valóságos igazságtartalmukból, elméleti és metodikai sajátosságaikból, mint abban a neopozitivista Hamupipőke-szerepben, amelynek szerénysége álszerénység, látszatigénytelensége a tudományosság kizárólagos birtoklásának mohó magántulajdonosi igénye.

Részben innen ered, hogy a tudomány polgári fejlődésének nem egy szakaszában a szaktudományok egyre határozottabban a filozófiától való teljes függetlenségre, abszolút autonómiára törekednek, mivel sem megfelelő elméleti, sem valódi módszertani segítségre nem lelhetnek a polgári filozófiai irányzatokban. A matematikai Grundlagenforschung

területén – hogy egy határesetet idézzünk – Hilbert formalizmusa még a filozófiaként felfogott Whitehead–Russell-féle logisztikától is szabadulni igyekszik. A formalizmus arra törekszik – mondotta Bernays a nagy matematikus intencióit értelmezve – „hogy a matematika megalapozásában felmerülő problémákat és nehézségeket a sajátosan matematikai területére vigye át. A matematika itt maga hoz létre olyan döntőbíróságot (azon lehetőség alapján, hogy az elétárt axiomarendszerek ellentmondásmentessége bizonyítható), mely előtt minden elvi kérdés sajátos matematikai módon fejezhető ki, anélkül, hogy a szubtilis logikai lelkiismeretkérdések fejtörést okoznának..."[6]

Az emancipációs törekvés azonban nem járhat teljes sikerrel. Mert olyan autonómia, aminőre törekszenek, nincs. Azt viszont, ami valóban elérhető, nem valósítják meg következetesen, mert – mint később még látni fogjuk – éppen a határproblémák területén saját idealista filozófiai illúzióik hiúsítják meg szándékukat, amint ez a kantizáló Hilberttel is megesett.

A megismerés abszolút és relatív mozzanatai valóságos dialektikájának marxista–leninista felfogása

A szaktudományok persze autonómak és éppúgy autonóm velük szemben a filozófia. De autonómiájuk viszonylagos. Kiegészíti interdependenciájuk, egymástól való függésük, mint ezt történelmi kölcsönhatásuk egyértelműen bizonyítja. Ez a kölcsönhatás – amely az együttműködés mellett felölti a harc formáit is – nemcsak a tudományok társadalmi, eszmei és intézményes mivoltában van megalapozva. Meg van alapozva kutatásuk tárgyában, a világ anyagi egységében, s az egységesen anyagi világ anyagfajtáinak, mozgásformáinak sokféleségében és egymásba való átmenetében. A világegész nemcsak megkülönböztetett részrendszereitől, hanem azonos is velük. Ha valamennyi részrendszere – s ezek száma végtelen – megszűnne, önmaga szűnne meg, mivel az anyag általános meghatározottságai és mozgásának örök törvényei csak sajátos formákban, térben és időben keletkező és elmúló részrendszerei meghatározottságaiban és fejlődéstörvényeiben, valamint a részrendszerek egymáshoz való viszonyában, egymásba való transzformációiban léteznek és érvényesülnek. Részrendszerek nélkül éppoly semmis volna a rendszeregész, mint a részrendszerek egész nélkül, mint az általános különös, a különös általános nélkül.

Valójában az egész éppúgy megmutatkozik a részeken, a részek sajátosságának megfelelően átstrukturálódva, mint a részek az egészen, sajátos struktúrákból általánosodva. Egész és rész, általános és különös ellentétes pólusai kölcsönösen áthatják egymást, úgy mint ezt a materialista dialektika egyik alapvető – Engels megfogalmazta – törvénye, „a poláris ellentétek kölcsönös áthatásának"[7] törvénye rögzíti elméletileg.

Minthogy magának a megismerési folyamatnak sajátosságait objektív társadalmi meghatározottsága mellett, és végső soron e társadalmi meghatározottsággal egységben, azt egyre inkább a tárgy belső követelményei által vezérelve az anyagi világ konstitúciójának, felépülésének eme dialektikus összefüggései szabják meg, azért sem a filozófia nem lehet egy a részletektől elvonatkoztatott egész, sem a szaktudomány nem lehet egy az egésztől elvonatkoztatott részek tudománya, ahol az egyik, a filozófia a tartalmi üresség, az üres mélység felé, a másik, a szaktudomány az empirikus részletekben való teljes szétszóródás, az üres szélesség felé halad. Ellenkezőleg: a marxista–leninista filozófia maga is megtelítődik a világegész mivolta és mozgási törvényei szempontjából lényeges, biztosítottnak tekinthető szaktudományos tartalmakkal, anélkül, hogy föloldódna vagy pláne megszűnne ezekben. Másfelől az a szaktudomány, amely immár a marxista filozófiával kerül kölcsönhatásba és így világnézetileg, tehát elméletileg és módszertanilag *adekvátan* orientált, tudatosan is számba veszi azt, hogy az anyagi világ dialektikájának általános mozgástörvényei a saját speciális területén is érvényesülnek. S ha nem sémaként, hanem heurisztikus módszerként használja fel új világnézeti, elméleti és módszertani alapját, úgy részterületét a világegész abszolút totalitását visszatükröző relatív totalitásként fogja fel, amelynek egyedi, empirikus formái kettős végtelenségében, extenzív és intenzív kimeríthetetlenségében az általános és specifikus törvények teremtenek rendet és orientálják a kutatást a lényegösszefüggések megragadására.

Ezzel azonban túl is kerülnek mind a dogmatikus abszolutizmus zsákutcáján, mind pedig azon a veszélyen, hogy a világ kimeríthetetlensége, kettős végtelenségének csak a fokozatos megközelítésben feltáruló jellege egy agnosztikus relativizmus buktatójába vezesse őket. Abba a buktatóba, hogy csak közelednek az igazság felé, de azt valójában sohasem ragadhatják meg. Mert a lényegösszefüggések megragadása az általuk kutatott relatív totalitásokra, illetve ezek egy-egy szintjére nézve teljességgel lehetséges: kimerítő és a jelzett határok között – tehát ismét csak relatíve – abszolút ismeretet ad.

Minden valóságos, „kimerítő megismerés – mutatott rá Engels – abban

áll, hogy az egyedit gondolatban az egyediségből a különösségbe és ebből az általánosságba emeljük, hogy a végtelent a végesben, az örökkévalót a mulandóban felleljük és megállapítjuk. Az általánosság formája pedig a magában való lezártság formája, s ezzel a végtelenségé, a sok végesnek végtelenné való összefogása." Lenin – aki pedig nem ismerhette Engels most idézett, csak „A természet dialektikájá"-ban publikált gondolatát, – ezt a koncepciót fejleszti tovább Engelsszel teljesen egybehangzólag, amikor a megismerést megközelítési folyamatként fogja fel és fejti ki elméletileg. De – ellentétben a kanti approximációval – olyan megközelítésként, amelyben a haladás irányában tett lépések a tárgy lényegi objektív meghatározottságainak, törvényszerűségeinek feltárását jelentik: „a dialektikus materializmus szerint nincs áthághatatlan válaszfal a viszonylagos és az abszolút igazság között... Viszonylagos képzetekből tevődik össze az abszolút igazság, e viszonylagos képzetek fejlődésük során az abszolút igazság vonalán haladnak, az abszolút igazsághoz közelednek."[8] A megismerési folyamat így egyszerre kimerítő, abszolút, mert a törvény az alája tartozó jelenségeket kivétel nélküli egyetemességgel fogja át, és egyben nem-kimerítő, relatív, mert elért eredménye más, mélyebb és átfogóbb törvényszerűségek komplex egésze feltárásának nélkülözhetetlen feltétele; csupán állomás és nem végállomás. Újabb relatív totalitások adekvát visszatükrözéséhez vezet.

A szaktudományi megismerés mozgását éppúgy segíti és előrehajtja mindaz, amit az anyagi világegész dialektikájáról a filozófia révén már tudunk, mint ahogyan maga is e világegész új és lényeges mozzanatainak feltárására sarkallja a filozófiát. A megismerés relatív és abszolút mozzanatainak dialektikája ez, az a bonyolult, sokrétű mozgás, amelynek rendszeres kifejtése a dialektikus materializmus ismeretelméletébe tartozik.

Filozófia és szaktudományok szövetségének lenini programja

Annyi mindenesetre az elmondottakból is egyértelműen következik, hogy a megismerés megközelítő jellegének Engels és Lenin kidolgozta felfogása haladja meg mind a kanti típusú agnoszticizmust, illetve a russelli típusú szkepszist, mind az objektív idealista filozófiák szokásos dogmatizmusát, az egyszer s mindenkorra adott örök igazság fejlődésellenes koncepcióját. A megismerés kimerítő és nem-kimerítő jellegének ellentmondása egyedül a marxista–leninista filozófiában és a vele szövet-

séges szaktudományokban oldódik fel olyan termékeny és tervszerű, haladó mozgásba, a világ mélységben és szélességben egyre teljesebb elsajátításába, ahol a szélesség átmegy a mélységbe és a mélység a szélességbe. Ez egyet jelent a *tudományos kritikai* megismeréssel, amely számot tud adni önmagának és a világnak arról, hogy *honnan* jön, *hol* tart és *merre* megy. Relatív ez a megismerés, mert mindig túlmegy az egyszer már elérten. De ugyanakkor megmutatkozik e relatív oldalban az abszolút mozzanat is, mert a saját alapjain halad tovább, ennek segítségével kerül egyre magasabb szintre. Úgy ahogyan ezt a fejlődő társadalmi valóság, a szocialista világrendszer és a világforradalmi folyamat gyakorlati érdekei és haladása, valamint a természettudományos és műszaki haladás szükségletei megkívánják.

Filozófia és szaktudományok – ezen belül filozófia és természettudományok – szövetségének és permanens együttműködésének szükségszerűségét és kötelező távlatát Lenin jelölte ki. Ez a távlat már megvalósulóban, kibontakozóban van a szocialista világban, ha napjainkban nem is érték el még mindenütt, hogy a lenini útmutatásban rejlő felmérhetetlen lehetőségeket a kor szintjén optimálisan használják föl. De továbbfejlesztése annál is aktuálisabb, mert a társadalmi, tudományos és technikai haladás napjainkban felgyorsult üteme következtében a kutatás fokozott mértékben találja szemben magát a szűkebb szaktudomány keretein belül is olyan filozófiai problémákkal – ennek egyik tünete a filozófiában érdekeltté vált történészeknek, közgazdászoknak, természettudósoknak a polgári világban is megnövekedett száma –, amelyek helyes megértése fontos feltételévé vált az illető terület kardinális problémái megoldásának, s amelyekre az idealista filozófia vonalán hiába keresnek megnyugtató választ.

II. A TUDOMÁNYOSSÁG – TUDOMÁNYOS ELMÉLET ÉS MAGATARTÁS-FOGALMÁNAK LÉNYEGI TARTALMA

A tudományosság kritériumainak problémája

A marxista-leninista filozófia tudományos jellegét nem lehet pusztán azon az alapon meghatározni, hogy azért tudományos, mert támaszkodik a szaktudományokra. Hiszen látjuk a több mint félévszázados szovjet

és a több mint negyedszázados népi demokratikus fejlődés történelmi tapasztalatán, hogy nemcsak a filozófia támaszkodik a szaktudományra, a szaktudomány nem kevésbé támaszkodik rá. S ha már a természettudományban is ez a helyzet, mennyivel inkább ez a társadalomtudományokban, amelyekben egyszerűen lehetetlen a társadalmi gyakorlat napi és távlati szükségleteit kielégítő ismeretekre jutni ezen eszmei alap nélkül. Elemezzük még a továbbiakban a természet és a társadalomtudományok között meglevő, egyébként éppen napjainkban egyre másodlagosabbá váló különbség forrását.

A természettudomány, amely korábban érte el tudományos jellegét, mint a társadalomtudományok, maga is belső harcok során fejlődik. Biztosított eredményeit gyakran egymással versengő elméletek lassú és fáradságos kipróbálása útján éri el.[9] Ennek során éppúgy alávetik az elméletet az ismeretelméleti és logikai kritikának, mint a tapasztalati tények és az illető természettudományhoz kapcsolódó társadalmi-termelési gyakorlat bírálatának. Igen, a marxista–leninista filozófia – ellentétben a filozófiai idealizmussal – összehangban áll a természettudományokkal. Saját fejlődésének – mint Engels mondotta: formaváltozásának – mozzanataiként is felhasználja eredményeiket, de ugyanakkor kezdeményező és kritikai módon támogatja maga is a szaktudomány fejlődését és új útjait. Ahogyan Marx és Engels támogatták a darwinizmust a malthusianus mozzanatok bírálatával is, ahogyan Lenin támogatta a szaktudományokat is az új fizika kezdeteinél a fizikai elméletekbe is behatoló machista idealizmus bírálatával, ily módon segítve elő a szovjetkorszak természettudományának s a leninizmust elsajátító nyugati fizikusoknak, a Langevineknek, Joliot-Curieknek és Bernaloknak, majd a szocialista országok tudósainak elméleti és módszertani tisztánlátását. Ezen mit sem változtat az, ha az együttműködésbe hibák is becsúsztak.

Nem lehet a marxista filozófia aktív forradalmi szellemét a szaktudományok fáján élősködő neopozitivizmus nyárspolgári szellemévé átalakítani a szaktudományokra való támaszkodás ürügyén. Azt a munkásosztály forradalmi harcával együttélő kritikai tudományos szellemet, amelynek erejét nem az egyes emberre, hanem a harc és megismerés kollektív szubjektumára vonatkoztatva, ismét csak Lenin fejezte ki felülmúlhatatlan világossággal, amikor kimondotta: a marxizmus tanítása mindenható, mert igaz.

Éppen ezért a fentieken túlmenő kritériumait kell megkeresnünk, mik is a tudományosságnak, azaz a szubjektív tevékenységnek és e tevékenység eredményének, az elméletnek azon *minimális* lényegmeghatározottságai,

amelyek a tudományos világnézetet, a filozófiát és a szaktudományt egyaránt jellemzik, s amelyek kifejlett, *maximális* formájukban a marxista–leninista filozófiában és a vele szövetséges szaktudományokban lépnek elénk. Az előző reflexiók – itt szükségképpen reflexiókról lehet még csak szó és nem kimerítő elemzésről – a megismerés tárgyi oldalából indultak ki. Induljunk ki most az elmélet mivoltának és társadalmi funkciójának oldaláról.

A marxizmus–leninizmus klasszikusai és a tudományos jövőbelátás

A tudományos elmélet legfontosabb ismertetőjegyét egymástól távoleső tudományelméletek képviselői is rendszerint abban látják, hogy lehetővé teszi az előrelátást, anticipációt. S mivel az emberi cselekvés jövőbeirányult, az eszmeileg kitűzött cél csak a célkitűzés után valósul meg anyagi cselekedeteinkben, azért az anticipációban látják a tudomány gyakorlati-társadalmi funkciójának alapját is.

Az elméleti előrelátás valóban jelentős tény, érdemes megvizsgálni. A tudománytörténet rögzít olyan eseteket, amelyekben nem ismert vagy még egyáltalán nem is létező tényeket, dolgokat és viszonyokat, eseményeket és helyzeteket megjósoltak, előre jeleztek.

„A csodás jelekből való jóslás mese. De a tudományos jövőbelátás tény" – írta Lenin[10], amikor ennek a jövőbelátásnak klasszikus esetét idézte, Engels látnoki szavait, amelyek több mint negyed századdal az első világháború előtt anticipálják a háborút és legdöntőbb szociális következményét. „Porosz-Németország számára nem lehetséges többé másféle háború – írta Engels 1887-ben – mint világháború, mégpedig egy addig soha nem sejtett kiterjedésű és hevességű világháború... éhínség, járványok, a hadseregeknek és a néptömegeknek az égető ínség előidézte általános elvadulása; kereskedelmünk, iparunk és hitelrendszerünk mesterséges üzemének menthetetlen szétzilálódása... a régi államoknak és hagyományos állambölcsességüknek olyan mérvű összeomlása, hogy a koronák tucatszám gurulnak az utcák kövezetére és senki sem akad, aki fölvenné őket... Ez a távlata az egymást túllicitáló fegyverkezés e végsőkig hajtott rendszerének... A háború időlegesen talán háttérbe szorít bennünket, esetleg megfoszt bennünket egyik-másik már kivívott pozíciótól. De ha önök szabadjára engedtek olyan hatalmakat, amelyeket aztán már nem tudunk megzabolázni, hát menjen minden a maga útján: a tragédia végén önök összeomlanak és a proletariátus

győzelme vagy már kivívott tény vagy mindenesetre elkerülhetetlenné válik."[11] És Engels, aki természetesen nem kötötte össze a szocializmus szükségszerű győzelmét egy háborús válsággal, biztosítottnak látta a tragédia elkerülésével is, az antimilitarista harc, többek között a leszerelésért vívott harc útjait és eszközeit is keresi, hogy ha lehet, megakadályozza a tragédiát, s egyben előrelendítse a szocializmus ügyét. Ez a problematikája, összehasonlíthatatlanul magasabb szinten, immár a szocialista világrendszer bázisán a Szovjetunió lenini békepolitikájának is.

Az anticipáció két formája

A tudományos jövőbelátás világtörténelmileg legjelentősebb tette máig is a marxizmus–leninizmus klasszikusainak a tőkés társadalom viszonyai között kialakított és kidolgozott elmélete a szocializmus, majd a kommunizmus törvényszerű megvalósulásáról, valamint Lenin anticipációja a megvalósult szocializmus fejlődésének útjairól, nemzetközi erőtartalékairól és a világforradalmi folyamat fejlődéséről. Ezek mutatják egyben legplasztikusabban a tudományos anticipáció jelentőségét a társadalmi cselekvés szempontjából is.

Különbséget kell azonban tennünk az anticipáció két, jóllehet egymással összefüggő formája között, amit a neopozitivizmus „predikció"-elmélete a maga dialektikátlan merevségében nem vesz tekintetbe. Minden tudományos általánosításban vagy pláne annak legmagasabb, törvényszerűségként kimondott formájában benne rejlik az előrelátás egy mozzanata. Az a mozzanat, hogy gyakorlatilag végtelenül sok egyedi tény összefoglalása lévén, nemcsak az adott jelenség jelenvaló és múltban letűnt, hanem a jövőben feltűnő egyediségeire is érvényes. Ha kimondjuk az energia megmaradása és átalakulása törvényét, úgy ez minden időbeli korlátozás nélkül érvényes a természet rendszerére illetve részfolyamataira. Ha azt mondjuk ki, hogy a termelőerők fejlődése határozza meg a társadalmi termelési viszonyok fejlődését, ahol az utóbbi mozzanat szükségképpen visszahat az előbbire, akkor a létező társadalom valamenynyi múlt, jelen és jövőbeli formájára érvényes igazságot állítunk. Ez azonban szűkebbkörű állítás mint az előző, mivel csak a társadalom fennállásának idejére vonatkozik. Legalábbis ha nem feltételezzük más bolygórendszerek vonatkozásában is az emberi társadalomhoz hasonló mozgásforma létét. Az anticipatív mozzanat: az érvényesség a jövő hasonló típusú jelenségeire. Ám a szó szigorú, teljes és kitüntetett értelmében

tudományos anticipációról csak ott beszélhetünk, ahol egy jelenség fejlődésének a jövőben felmerülő új, általános vonását előlegezzük, mint ez a szocializmus törvényszerű megvalósulásával kapcsolatban történt vagy az esetben történne, ha feltételeznénk egy más bolygórendszeren a társadalmi mozgásforma létét vagy létrejöttét, benne az említett törvényszerűség érvényességét is.

Minthogy a társadalomtudományban az utóbbihoz hasonló anticipációk önmagukban nem ejthetők meg, hiszen a kérdés súlypontja a megfelelő természeti feltételek létezése vagy nem-létezése, azért ez a tény már rávilágít arra is, hogy a társadalomtudományétól eltérő feltételek számbavételével a fejlett tudományos anticipáció típusába kell sorolnunk a természettudomány ama nagy és látványos diadalait is, amikor egy objektíve létező, de tudományosan még nem konstatált jelenséget ragad meg fogalmilag.

Természettudományos anticipációk

Amikor Mengyelejev kidolgozta az elemek periódikus rendszerét, elméletében termékeny módszertani alapot teremtett arra, hogy feltárják a még hiányzó elemeket, véget vetve a kémiai alapanyagok utáni tervszerűtlen, tapogatózó kutatásnak. Az egyik hiányzó elem faj- és atomsúlyát ő maga határozta meg, s 1871-ben az Orosz Kémiai Társaság lapjában nyilvánosságra is hozta meghatározását. 1875-ben a francia kémikus Lecoque de Boisbaudran valóban felfedezte az elemet, galliumnak nevezte, fajsúlyát ellenben 4,7 g/cm^3-ben állapította meg, eltérően a *Mengyelejev által megjósolt 6-os fajsúlytól. Mengyelejev udvarias levélben* fejezte ki véleményét, miszerint a francia vegyész hibát követett el a mérésnél, s Ga fajsúlya 6 körül lesz. S neki lett igaza, bár a Ga-ot empirikusan egyáltalán nem ismerte, még csak a spektrumát sem látta. Boisbaudran a megismételt mérésnél megállapította, hogy a fajsúly 5,94 g/cm^3.[12] Engels pedig három évvel később már a megfelelő tudománytörténeti és tudományelméleti összefüggésbe helyezi Mengyelejev tudományos próféciájának jelentőségét, amikor Leverrier nagy tettével állítja egy sorba, aki az Uranus bolygó mozgásának rendellenességeiből kiszámította a később felfedezett Neptun tömegét és pályáját.

Napjainkban szaporodnak az ilyen tudományos anticipációk. Nemcsak a marxista–leninista társadalomtudományban, hanem a természettudományban is. Hogy az utóbbi két klasszikus esetére emlékeztessünk:

1928-ban állította fel Dirac a róla elnevezett egyenletet, amelynek nagy anticipációja a pozitron volt, a pozitív töltésű elektron; ezt 4 évvel később fedezték fel. 1935-ben jósolta meg Yukawa, a nagy japán fizikus az elemi részecskék új fajtáinak, a mezonoknak létezését, amit a pion 1947-es felfedezése igazolt.

A tudományos anticipáció feltételei a természet- és társadalomtudományokban

Bármily nagy is az anticipáció jelentősége a tudományosság lényegi mozzanataként, önmagában véve nemcsak elégtelen, de egyenesen félrevezető lenne ennek a mozzanatnak egyoldalú kiemelése. Ezt nem egy neopozitivista „predikcióelmélet" kritikai tárgyalása tanúsíthatná. A jövőbelátás a felsorolt esetekben nem idősorok mechanikus extrapolációja volt, nem felszíni tények alapján készült prognózis; mély elméleti alapokon nyugodott. Leverriernél a newtoni mechanika törvényein, amelyek alapján a kozmikus testek mozgásának anticipatív tárgyalását már a XVIII. században megkezdték a Halley üstökös visszatérésének előrejelzésével. Mengyelejevnek magának kellett megalkotnia elméletét, a periodikus rendszert, hogy rendszeréből következő módszeres biztonsággal határozzon meg egy új elemet.

Ugyanez a helyzet a mikrofizikai felfedezéseknél, jóllehet a feladat sok tekintetben bonyolultabb. A természet anyagi mozgásformáinak addig ismeretlen mélységeibe hatoló kutatások itt nemegyszer még nem egy biztosan körülhatárolt relatív totalitásra, hanem csak egy-egy szintjére irányulnak. Így egyazon anyagi egész egyes jelenségeit egyfajta, más jelenségeit másfajta modellel magyarázzák; mint a magfizika csepp és héj modelljei. Ezek csupán kiegészítik, de nem feltételezik egymást, létük tehát indexe lehet az egységes elmélet hiányának. A modell fogalmát – itt nem a matematikai axiómarendszerek modelljeiről beszélünk, ami más probléma – éppen ezért helytelen azonosítani az elmélet fogalmával. A modell csupán átmenet, közvetítő tag az empirikus tények rögzítése és azok szabatos és egységes elméleti magyarázata között. Mégis: a pozitron felfedezése mögött ott áll az elektron Dirac-féle relativisztikus elmélete és a Dirac-algebra; Yukawa előrelátása mögött a nukleonok kölcsönhatásaira vonatkozó új elméleti kezdeményezés. Minden esetben egy objektív tárgy, vagy ennek egy-egy szintje felé fordul a kutatás, ezek magyarázatát adja, erre épül az anticipáció.

Még sokkal bonyolultabbak a tudományos előrelátás feltételei a társadalomtudományban, mivel a társadalmi mozgásforma magába foglalja, külső és belső feltételként is a természet mozgásformáit, de ezekhez képest új, autonóm kategoriális sajátosságokkal rendelkezik, amelyek meghatározzák mozgásának menetét és irányát. Itt a részfolyamatok és az összfolyamat interdependenciája olyan szoros, hogy szinte lehetetlen az összfolyamat irányának és jellegének megértése nélkül eljutni a jövendő események fővonalának tudományos előrelátásáig.

Másfelől, a Vico gondolatát idéző Marxszal szólva, „az emberi történet abban különbözik a természettörténettől, hogy az egyiket csináltuk, a másikat nem csináltuk".[13] Így az, amit csináltunk, ha nem is tudatosan csináltuk, könnyebben érthető meg annál, amit nem mi csináltunk, ami folyamat jellegében is adott. Ez az ellentmondás aközött, hogy a társadalmi tények egyszerre „nehezebben" és „könnyebben" is érthetőek a természetieknél, abban oldódik fel, hogy a saját társadalmi mozgásának belső törvényeit még meg nem értett emberiség történetében is szerepet játszik az előrelátás, de a marxizmus létrejöttéig nem tudományos formában, hanem a hamis tudat formájában. Hamis a társadalmi tudat és az anticipáló tudat – mindegy, hogy tömegek tudata, osztálytudat-e vagy az egyes egyéné – részben azért, mert saját cselekvésének eszmei hajtóerőit, saját célkitűzéseit tekinti a várt jövő megvalósulása végső és igazi alapjának, részben azért, mert a nagy várakozások és vágyakozások osztályérdekek által megteremtett ködfátyolán át, az osztályfölöttiség illúzióin keresztül látja azt, ami szűk és rideg osztályérdekeinek megfelelően valósul meg. A szabadság, egyenlőség és általános testvériség társadalmát véli megteremteni és létrehozza az utolsó kizsákmányoló osztálytársadalmi rendet, a kapitalizmust. A tudományos jövőbelátás ezért csak egy olyan társadalmi osztály talaján valósulhat meg, a munkásosztály talaján, amelyet osztályérdekei kényszerítenek rá arra, hogy jelenével éppúgy illúziók nélkül vessen számot, mint történelmi jövőjével. Mindkettőt csak a valóban tudományos filozófia alapján lehet megvalósítani. Mégpedig azzal a sokkal szigorúbb kikötéssel, amely a természettudományok szférájában nem merül fel ilyen feltétlen egyértelműséggel, hogy a két mozzanatot, a jelent és a jövőt csak együtt lehet megismerni. A tőkés társadalom relatív totalitását csak mint összfolyamatot lehet teljesen tudományosan megragadni. Nemcsak létének sajátos mozgási törvényeit, hanem keletkezésének feltételein túl elmúlásának, egy magasabbrendű társadalmi rendszerbe való forradalmi átalakulásának törvényeit is tisztázni kell ahhoz, hogy valódi mivoltát megértsük.

Elméleti magyarázat és anticipáció szintézise a dialektikus materializmusban a jelenség fejlődési törvényének belső alapját alkotó ellentmondás feltárásával

Az ilyen megismerés útja nem a jövőről való spekuláció, nem terméketlen utópia- és receptgyártás. A Marx, Engels, Lenin által megteremtett út: *a mozgás alapvető hajtóerőinek, belső ellentmondásai specifikus természetének* feltárása. Az ellentmondás leküzdésének, forradalmi meghaladásának lehetősége, valamint az új, a régi helyébe lépő rendszer általános sajátosságai elméleti előlegezése csak a meglevő valóság ilyen mélységben és teljességben történő megragadása alapján válik lehetővé, az igazi tudományos objektivitás alapján. Ezt az utat járta Marx, amikor materialista dialektikáját alkotóan alkalmazta a kapitalizmus összfolyamatának elméleti megragadására. Ez jellemezte Engels módszerét is egy részjelenséget elemezve, amikor az imperializmusba átforduló kapitalizmus gyors ütemben növekvő militarizmusának meglevő ellentmondásaiból következtette ki a jövőt, számba véve a megfelelő bizonytalansági tényezőt is. Majd az új korszakot, az imperializmus és a proletárforradalmak, a győztes szocializmus korát elemezve, a marxizmust továbbfejlesztő és az új korszak szintjére emelő Leninét, akinek elméletében az új korszak bonyolult fordulatai és zaklatott üteme, valamint a győztes szocializmussal létrejövő változások távlatai éppúgy megkapják adekvát elméleti megfogalmazásukat, mint a stratégiai célok és taktikai lehetőségek, a konkrét helyzetek konkrét sajátosságainak feltárására irányuló filozófiai módszertannal együtt. Az anticipáció egyiküknél sem elszigetelt tény, hanem egy relatív totalitás belső ellentmondásokon alapuló fejlődési törvényeinek mélységesen mély elméleti feldolgozásából következő előrelátás.

A forradalmi kommunista munkásmozgalom gyakorlata oldaláról nézve a dolgot, így és csakis így szolgálhatja a tudományos elmélet által vezérelt forradalmi gyakorlatban a közvetlen feladatok megoldása a távlatok közelebbhozását, szükségszerű fejlődési folyamatok meggyorsítását, a távlatok ismerete viszont a közvetlen feladatok, szituációk sokoldalú értékelését, a felmerülő alternatívák előrevivő megoldását. Nem csoda, ha a munkásmozgalomban fellépő különböző előjelű opportunista áramlatok vagy a fejlődés legmélyebb törvényszerűségeitől és távlataitól elszigetelt „adott szituációkhoz való alkalmazkodás", vagy a jelen szükségleteitől elválasztott, utópikusan felfogott távlatok nevében szakítják szét ezt a kettős egységet.

Objektivitás és immanens magyarázat mint a tudományosság lényegi konstituenciái

Elemzésünk immár megragadható közelségbe hozta a tudományosságnak azokat a lényegjegyeit, amelyek egyaránt jellemzik a filozófiát mint tudományos világnézetet és az anyagi világ részrendszereit kutató szaktudományokat. Olyan lényegjegyeket, amelyekből kiindulva érthetővé válnának a tudományok további sajátosságai is, összeszövődéseik és elkülönböződéseik, fundementális és alkalmazott, formális vagy empirikus jellegük, szisztematikus vagy történeti mivoltuk, metodikai tisztaságigényük és metodikai kereszteződésszükségletük – és még számos tudományelméleti kérdés, amely azonban nem a bennünket most foglalkoztató összefüggésbe tartozik.

Ilyen lényegjegyként áll előttünk mindenekelőtt a tudományos *objektivitás*. Nem egyszerűen mint követelmény, hanem mint szükségszerűen megvalósuló törekvés. Abban az értelemben véve az objektivitás fogalmát, hogy a megismeréstől függetlenül létező tárgy kényszeríti rá a kutatásra egyre inkább, hogy a vizsgált jelenségek azon egynemű körét, totalitását vegye tekintetbe, amely önmagában és önmagából válik érthetővé. Érthetővé válik legalábbis egy bizonyos pontig; e ponton túl a kimerítő elemzés nyomán feltáruló újabb problémák a tárgyiasság egy új körébe visznek át. Az így felfogott objektivitás megtalálása nem kiindulás, hanem eredmény már. A kiindulás szűkreszabott problémametszet jellegének meghaladása. Ott, ahol a megismerés nem képes megtenni ezt a fordulatot a szubjektíve körülhatárolt tárgytól az objektívig, nem jön létre tudományos megismerés. Ha egyáltalán létrejön valamiféle ismeret, az a közvetlen felismerések által vezetett gyakorlat szintjén marad. Több évezreden keresztül a megismerés mit sem tudott kezdeni a lumineszcencia jelenségekkel, csak akkor indult meg tudományos feltárásuk, amikor a kristály- és elektronfizika hatókörébe kerültek.

A tudományos megismerés második lényegjegye az, hogy az objektíve körülhatárolt totalitások immanens *magyarázatát* adja. Nem kívülről bevitt, fiktív magyarázó elvekkel, az abszolút szellem fogalmával, mint Hegel, vagy – mint a tomizmus – az istenképzettel, amiről már Diderot kitűnően megjegyezte: ahelyett, hogy egyetlen apró problémát megoldana, megszámlálhatatlan új, éppen fiktív mivoltában leküzdhetetlen nehézséget teremt. Tegyük hozzá: legalábbis addig, amíg a történelmi materializmus meg nem magyarázza e fikció keletkezését, mibenlétét és történelmi szerepét, kitessékelve először a tudományból, majd a társada-

lom szocialista átalakításával gyorsuló ütemben az emberek világnézetéből is. A valóságos magyarázat: az adott anyagi totalitás belső törvényszerűségeiből való megértése. A filozófia számára az abszolút totalitás, a világegész anyagi mozgástörvényeinek, s átfogó részrendszerei általános fejlődéstörvényeinek – a tudományosság adott fejlettségi fokával adekvát szinten történő tisztázása. Nincs tudomány a jelenségek szűkebb vagy szélesebb totalitásának megmagyarázása nélkül. Akkor sem, ha a puszta magyarázat, az elmélet, nem a tudomány végső célja.

A mélyebben fekvő konstituencia: az elméletalkotás belső történetisége

Az objektivitás és az anyagi totalitások önmagukból való, immanens magyarázatának meghatározottságai mellett a harmadik – rejtettebb, mert mélyebben fekvő – tartalmi konstituenciája a tudományosságnak a *történetiség*. Nemcsak abban az értelemben, hogy maga a tudomány *társadalmi-történeti képződmény, amely viszonylagos önállóságában is* alá van vetve a történeti fejlődés összfolyamatának. Történetiségről itt a tudományosság, a tudományos elmélet belső historicitása értelmében beszélünk. Abban az értelemben, hogy az anyagi totalitások immanens magyarázatát szolgáló elmélet ha nem is ténylegesen, de legalább lehetőségeiben – ilyen tudomány marad mindvégig az alapvető formális szaktudomány, a matematika – túlmutat az önmagát azonos szinten reprodukáló jelenség folyamatának megértésén. Törvényeivel egyrészt kulcsot ad a jelenség honnanjának és hovájának, keletkezésének és megszűnésének különböző átlagos feltételek között bizonyára különbözőképpen lezajló összfolyamatához. Másrészt ugyanezt a szolgálatot teszi meg, de az elméletalkotás belső történetiségének magasabb fokán, a közvetlenül történeti jellegű szaktudományok, az egyes világrendszerek kialakulását tanulmányozó kozmogónia, biológiai származástan, földtörténet stb. vonatkozásában. Úgy, ahogy ezt a tudományosság legmagasabb fokán a történelmi materializmus tette a történelmi haladás fővonalában fekvő társadalmi-gazdasági alakulatok mozgási törvényeinek fejlődési törvénynyé való elmélyítésével. *Csak ennek megvalósítása biztosítja teljesen a tudományos anticipációt, annak minden előnyével.*

Az így felfogott történetiségnek mint a tudományos megismerés, elméletalkotás és anticipáció konstituenciájának felismerését és elismerését ma legalábbis két körülmény nehezíti. Az első: a polgári filozófia hanyatlási periódusának az az uralkodó álláspontja, amely kizárólagos, elvont

ellentétet lát a törvényszerű és a történelmi között. Az elsőben csak az általánost, amelynek megjelenési formája az ismétlődés, a másodikban csak az egyedit, mint soha vissza nem térőt véve észre. Bőven lesz még alkalmunk a felfogás helytelenségéről meggyőződni. Itt elég annyit megjegyezni: minden ismétlődőnek megvan az egyedi oldala, s a fel- és eltűnés maga is ismétlődik, tehát általános. Egyedi és általános egysége pedig – és ez az igazi realitás – csírájában már maga a történetiség.

A második körülmény: a természeti világfolyamatnak nincs kezdete és nincs vége, sem abszolút, sem realtív értelemben. A mozgási törvények itt közvetlenül egybeesnek a fejlődési törvényekkel. De maga ez a mozgás a részrendszerek szakadatlan egymásba való átalakulása, transzformációja, mint térben és időben lezajló folyamat maga is egyediesült és ezzel magában hordozza a történetiség minimumát – függetlenül attól, hogy az egészre kiterjedő konkrét történetét sohasem fogják megírni. A minimum pedig nem választható el attól, hogy a részrendszerek fejlődéstörténete, amely a szervezettség különböző szintjéig jut, bizonyos – a feltételek komplexitása következtében bizonyára viszonylag ritka – körülmények között létrehozza a történetiségnek azt a maximumát, amit az emberi társadalom története képvisel, amelyben az anyag saját mozgásformái törvényeinek fokozatosan a tudatára ébred. Ebben az értelemben fejtette ki a fiatal Marx azt a zseniális, a marxista tudományfelfogás számára döntő jelentőségű – bár első tekintetre paradoxként ható – gondolatát, hogy végső soron egyetlen tudomány van: a történelem tudománya. A tudományosság marxista felfogásának egyik specifikuma így éppen az optimális elméletalkotás tudatos történetisége.

A végső konstituencia: az elmélet pozitív viszonya a gyakorlathoz

Végül a tudományosság negyedik általános konstituenciája: lényegi, pozitív vonatkozása a társadalmi gyakorlatra. Ez a tudományosság marxista felfogásának másik, az elmélet belső történetiségét a „külső" történetiségbe átvezető specifikus újdonsága. Egy dolog persze ennek bonyolult, kerülőutakon át való érvényesülése a tudomány történetében, és más dolog, amely a tudomány új korszakát nyitja meg, tiszta és világos elméleti felismerése, a megismerés döntő kritériumává tétele, az ifjú Marx zseniális vezérgondolata: „Az a kérdés – írja a második Feuerbach-tézisben – hogy az emberi gondolkodást tárgyi igazság illeti-e meg, nem az elmélet kérdése, hanem *gyakorlati* kérdés. A gyakorlatban kell

az embernek gondolkodása igazságát, vagyis valóságát és hatalmát, evilágiságát bebizonyítania. Az olyan gondolkodás valóságáról vagy nemvalóságáról folytatott vita, amely el van szigetelve a gyakorlattól – tisztára skolasztikus kérdés."[14]

Innen, visszafelé haladva bontjuk majd ki – a múlt története és a jelenkor tudományának kritikai megértése szempontjából egyaránt fontos – minimális kritériumok maximális tartalmát, e kritériumok valódi beteljesítését a marxizmus–leninizmus tudományában és tudományfelfogásában.

Már ennyiből is láthatni, hogy a marxizmus elmélete nem csinál agyaglábú bálványt a tudományból. Nem tekinti a társadalmi fejlődés kizárólagos *hajtóerejének*. Abban a vonatkozásban is megragadja lényegét, hogy a tudomány a társadalmi gyakorlatot szolgálja, lévén a társadalmi tudat egy specifikus formája, abban is, hogy maguk az objektív társadalmi viszonyok hozzák létre, majd teszik önállóvá mozgását, hogy egy magasabb szinten relatív önállóságának megőrzésével közvetlenül társadalmasítva, mint a társadalmi fejlődés nélkülözhetetlen potenciáját kebelezzék be magukba. A tudományosság gyakorlathoz kötöttségének elemzése megmutatja, hogy a megismerés belső történetisége hogyan függ össze a külsővel, hogy a külső és belső nem merev egymást kizáró, de eleven dialektikus kölcsönhatásban álló meghatározások. A külső átmegy a belsőbe és a belső nem kevésbé szükségszerűen átmegy a külsőbe, – ellentétben a scientifista tudományelmélet „externista" és „internista" elmélettörténetre vonatkozó képzeteivel, melyek a tudomány „külső" és „belső" történetét csak egyoldalú, dialektikátlan rögzítettségben ismerik.

Tudomány és társadalmi gyakorlat idealista felfogása az állammonopolista kapitalizmus szolgálatában

A tudomány önmegismerésében, különösen a polgári fejlődés felemelkedő szakaszában, majd e szakasz egyes eszméinek mintegy retrográd reprodukciójaként a szocializmussal versenybe kerülő végső szakaszában, az imperializmus állammonopolista korszakában a polgári scientifizmus és technicizmus is látja és hirdeti tudomány és gyakorlat kapcsolatát. De sehogy sem érti meg ennek valódi természetét.

Szóvivői hivatkozva a tudományos és technikai forradalom egyes valódi, konkrét történelmi összefüggéseiből kiragadott tényeire, napjaink-

alanyaiból azok, akik észreveszik, hogy végül is nem a döntés joga, hanem csak a felelősség terhe marad meg számukra, a tiszta tudományosság elefántcsonttornyába kívánkoznak vissza.

Ez az illuzórikus, romantikus ellenérzés a fennálló viszonyokkal szemben az alapja a nagy angol matematikus, G. H. Hardy meghatározásának a tiszta matematikáról: „E tárgynak nincs gyakorlati haszna, azaz nem hasznosítható sem emberéletek elpusztításának közvetlen előmozdítására, sem a vagyoneloszlás jelenlegi egyenlőtlenségeinek fokozására."[16] Nem tekintve azt, hogy jóval Hardy meghatározása előtt körülbelül a századforduló óta nemigen akadt már a tiszta matematikának – a számelmélet kivételével – olyan ága, vagy az egyes ágaknak legalább egy-egy olyan tétele, amelyet ne alkalmaztak volna egyre szélesedő mértékben mindkét problematikusnak tekintett célra, eltekintve továbbá a tiszta és alkalmazott matematika határainak fölöttébb cseppfolyós és változékony jellegétől, valamint attól, hogy a burzsoá kormányok és gazdasági vállalatok is nemegyszer kiemelkedő posztokon kezdtek alkalmazni tiszta matematikusokat, mint ezt a repülésügyi, hadügyi, tengerészeti miniszter franciák, Painlevé és Borel, vagy az egyetemi tanárságot a könyvkiadó vállalati igazgatósággal felcserélő jelentős magyar matematikus, König Gyula esete tanúsítja – eltekintve mindettől és még egynéhány egyéb körülménytől[17] is, a Hardy-féle elképzelése végeredményben azt erősíti, amit ha más hangsúllyal is, de elvárnak tőle: a tudomány fetisizálását. E fetisizált képzetek szerint a tudomány egyik fajtája a társadalmonkívüliség szent hegyére vonul, másik fajtája, az alkalmazott viszont csak annál hatékonyabban segíti az öldöklés és a pénzcsinálás művészetét. A népi tömegek pedig egy tárgyi hatalom, a tudomány kiszolgáltatottjai maradnak, nem a fennálló tőkés osztályviszonyoké. Ám ha ehhez kozzátesszük azt, hogy a tudományt és eredményeit, különösen a kapitalizmus imperialista szakaszában a lehető legközvetlenebbül használják fel a kétkezi munka intenzitásának fokozására, a munkanélküliség növelésére, valamint a háború céljaira, akkor nyilvánvaló, hogy a tőke szolgálatában álló tudomány és a munkásosztály, meg a vele szövetséges népi tömegek között reális ellentétek jönnek létre, nem csupán a gyanakvásnak és ellenségeskedésnek holmi megfoghatatlan légköre.

A fetisizált, idealista képzetek szükségszerű leépülése a szocialista világban

Mindez az ellentét a fetisizált képzetekkel együtt – ha nem is máról holnapra – leépül a szocializmus normális fejlődésében, helyt adva egy új, pozitív viszonynak, mint az elfogulatlan külső tanú J. D. Bernal helyesen látja a létező szocializmus példáján: „Szocialista társadalomban a gazda szerepét a gyári vagy mezőgazdasági üzem laboratóriumaitól az akadémiai intézetig minden szinten a népi kormányzat szervei veszik át, s ennek során ez a szerep gyökeresen megváltozik. Mivel az ilyen kormányzat hosszú távra tervezhet, sőt kénytelen is távolra tekinteni, eleve értékes számára a tudósok tevékenysége, akiknek eltartása és munkájukban való támogatása az első tételek közt szerepel az országos és helyi szervek költségvetésében. A tudósoktól viszont elvárják, hogy megértik társadalmi felelősségüket... Végső soron a nép hivatott a tudomány értelmét és értékét legfelsőbb bíróként megítélni. Ha a tudományt titokként őrzik kevés számú kiválasztott körében, akkor szükségképpen összefonódik az uralkodó osztály érdekeivel, s elszigetelődik attól a belátástól és ösztönzéstől, amit a nép szükségletei és képességei révén nyerhet."[18]

JEGYZETEK

[1] *Gassendi:* Opera omnia. Lyon 1685. (Tom. I. De Philosophia universa Liber Procemialis. cap. I.)

[2] MEM 3. köt. Budapest 1960. 10. old.; LÖM 6. köt. Kossuth Könyvkiadó 1964. 22. old.

[3] *Marx:* A demokritoszi és epikuroszi természetfilozófia különbsége. Budapest 1969. 143. old.; LÖM 25. köt. Kossuth Könyvkiadó 1970. 115. old.

[4] „A világegész fejlődésének és az emberiség fejlődésének, valamint e fejlődésről az emberek fejében kialakuló tükörképnek egzakt ábrázolása... csak dialektikus úton, a létrejövés és elmúlás, az előre- vagy visszaható változások általános kölcsönhatásainak állandó tekintetbevételével jöhet létre" – írja Engels az „Anti-Dühring"-ben. (MEM 20. köt. Budapest 1963. 23. old.)

[5] Hogy mennyire nem, az kiderül számos megnyilatkozásból, amit a neopozitivizmus – az infinit kutatás szívesen hangoztatott elve ellenére – megengedhetőnek tart. „A tudomány – írja S. S. Stevens –, ez a zűrzavaros szellemi szondázás, olyan mértékben fejlődik, hogy modelljeinek immár sikerült papíron leképezniök a világot." Quantifying the Sensory Experience c. tanulmányában. (In: Mind, Matter and

had valami annak a társadalmi rendszernek a legbelsejében, amelynek gazdagsága gyarapszik, anélkül, hogy nyomorúsága csökkenne, és amely gyorsabban gyarapszik bűntettekben, mint létszámban"[1].

Nem véletlen és nem mesterkélt tehát az a kérdésfeltevés, amely a tudomány és az erkölcs viszonyának problematikusságára utal. Ebben az esetben valóságos társadalmi anomáliáról, társadalmi feszültségről van szó. De vajon nem dramatizált az ilyen jellegű problémafelvetés? A tudomány vajon átok vagy áldás, gondviselő vagy sátáni erő, remény vagy veszedelem – kérdésfelvetésben milyen *tüneti vagy lényegi* társadalmi viszonyok tükröződnek?

Tudományos szempontok alapján tehát megvizsgálandó, hogy a tudomány és az erkölcs ellentéte vajon csak korunk sajátossága, továbbá, hogy valóban ez képezi-e ma a legfőbb problémát. Vagy talán a kérdésfeltevés ebben a végletes formában csak illúzió, illetve ideológiai manipulációs eszköz?

Nem kívánjuk tagadni a tudomány és az erkölcs fejlődésének lehetséges ellentmondásait. Nem l'art pour l'art problémáról van tehát szó, ez az életből került át az emberek gondolatvilágába. Az ilyen végletes és dramatizált kérdésfeltevés azonban nem állja ki sem a tudományosság, sem a morális értékítéletek próbáját.

Vizsgáljuk meg egy kissé behatóbban, hogy a tudomány vagy erkölcs szembeállítása: *a)* vajon csak *korunk* problémája (és ha nem, akkor milyen új mozzanatról beszélhetünk); *b)* korunknak tényleg *alapvető* kérdéséről van-e szó; *c)* miben rejlik e szembeállítás realitása?

Sokan úgy vélik, hogy a tudomány és az erkölcs ellentéte a XX. századnak, a tudományos-technikai forradalomnak, az atomenergiának, valamint a biológia forradalmának a terméke, s hogy ez az ellentét *csupán* korunkra jellemző. Valójában a tudás és erkölcs antinomiája már az emberiség őstörténetében felmerült, igaz még mitologikus formában. Egy több, mint kétezer éves kínai népmese szerint annak az embernek, aki gémeskút vizével oltja szomját, a szíve és a lelke is géppé válik, s maga is gépemberré lesz. Az egyiptomi mitológiából származik az a görögök által is átvett monda, miszerint az egyik istenség abból a célból szerezte meg az embereknek a tudás képességét, hogy kárt okozzon nekik. Ezzel a gondolattal találkozhatunk az Ószövetségben is: aki a tudás fájához nyúl, az erkölcsi bűnösként kiűzettetik a paradicsomból.

Az újkorban ez a probléma új formában fogalmazódik meg. A racionalizmus, a felvilágosodás korszaka a tudomány és az erkölcs spontán harmóniáját képviselte (Bacon, Holbach, Hegel). Ugyanakkor találko-

zunk ettől eltérő véleményekkel is. 1750-ben a Dijoni Akadémia pályázatot ír ki azzal a címmel, hogy „javított-e az erkölcsökön a tudományok és művészetek újraéledése?". A pályadíjnyertes Rousseau e kérdésre így válaszolt: „lelkünk abban a mértékben romlott meg, ahogy a tudományok és a művészetek közeledtek a tökély állapota felé"[2]. Ismeretes továbbá L. Tolsztoj múlt századi figyelmeztetése: „A természetet sok fronton legyőzhetjük, de eközben az ember és szabadsága az egyik csatát a másik után veszti el." Nem szükséges részletesebben eszmetörténeti tényekre utalni ahhoz, hogy megállapítsuk: *az erkölcs és a tudomány ellentéte sem a valóságban, sem az emberi gondolkodásban nem új jelenség, nem kizárólag a XX. század problémája.*

Bizonyítékként idézzük Marx egyik átfogó elemzését, melyről ha nem tudnánk, hogy több mint 100 évvel ezelőtt íródott, úgy is vélhetnénk, hogy egy mai gondolkodó szólal meg. „Napjainkban úgy látszik – írja Marx –, hogy minden a maga ellentétét hordja méhében. Látjuk, hogy a gépi berendezés, melynek megadatott az a csodatevő erő, hogy rövidebbé és termékenyebbé tegye az emberi munkát, éhezteti és agyondolgoztatja azt. A gazdagság új forrásai valami furcsa, végzetes varázslat folytán a nélkülözés forrásaivá válnak. ... Úgy látszik, hogy amilyen mértékben az emberiség úrrá lesz a természet felett, olyan mértékben válik az ember más embereknek vagy a saját aljasságának rabjává. Úgy látszik, még a tudomány tiszta fénye is csak a tudatlanság sötét hátterén ragyoghat. Mintha minden találmányunk, minden haladásunk arra vezetne, hogy anyagi erőket szellemi élettel ruháznak fel, az emberi életet pedig anyagi erővé tompítják. Ez az antagonizmus egyfelől a modern ipar és tudomány, másfelől a modern nyomorúság és bomlás között, ez az antagonizmus korunk termelőerői és társadalmi viszonyai között kézzelfogható, parancsoló és vitathatatlan tény. Egyes pártok siránkozhatnak ezen; mások úgy lehet szeretnének megszabadulni a modern technikától, hogy megszabaduljanak a modern konfliktusoktól. Vagy azt képzelhetik, hogy ilyen jelentős előrehaladás az iparban, kiegészítésül ugyanilyen jelentős visszafejlődést követel a politikában. Ami bennünket illet, mi nem ismerjük félre annak a fortélyos szellemnek az alakját, amely állandóan megnyilvánul mindezekben az ellentmondásokban. Mi tudjuk, hogy a társadalom új erőinek jó működéséhez csak az szükséges, hogy új emberek legyenek úrrá rajtuk – és ezek az emberek a munkások."[3]

A tudomány és erkölcs ellentéte tehát *nemcsak* napjaink problémája, mindig és mindenhol jelen volt, ahol a történelemre a társadalmi elidegenedés viszonyai hatottak. Ez az ellentét az általános elidegenedés egyik

célokra való felhasználásáig – *F. E.*) annak a kutatónak, aki a tiszta tudománynak szentelte munkásságát, nem kellett törődnie esetleges felfedezéseinek az emberekre gyakorolt hatásával. A tudóst, akinek szellemét az igazság keresése vonzotta, lelkesítette az öröm, amelyet a természet titkainak felfedezése, néhány talányának a megoldása okoz, nyugodt lelkiismerettel szentelhette életét a tiszta tudománynak, s Henri Poincaréval vallhatta a »tudomány önmagáért« jelszót. ... Ezzel a jelszóval szemben azonban indokolt az ellenérv... az atomenergia helytelen célokra való felhasználása mellett »a tudomány a tudományért« jelszó is megtámadhatóvá vált."[8]

A kor tudósai a történelmi mozgás új eszményeivel, a tudomány eredményeinek társadalmi felhasználásával felkészületlenül álltak szemben. Nem élt már a múlt század racionalizmusa, mely a tudás és erkölcs spontán összeölelkezésének hitére épült, de el kellett vetni azt a szcientizmust is, mely értékközömbösséget hirdetett. A marxizmussal szemben meglevő fenntartások, valamint eszméinek ismeretlensége következtében nem tudtak eljutni odáig, hogy a régi interperszonális viszonyokra épülő elemi tisztesség normáit úgy haladják meg, hogy azokat a társadalmi átalakítás kollektív felelősségének szintjére emeljék. Ennek tulajdonítható a még ma is tartó identifikációs válság. Ebben az esetben valóban az erkölcs és a tudomány ellentmondásának egy új mozzanatáról van szó. Ezen sajátos ellentmondás megoldásának módja a tudomány eredményei feletti társadalmi ellenőrzés megvalósítása lehet. Ez kizárólag a tudomány szférájából kiindulva nem valósítható meg, de még kevésbé érhető el *tisztán* erkölcsi eszközökkel, csupán a tudós elhallgattatott lelkiismeretének újbóli felkeltésével.

Ezek után már konkrétabban vethető fel az a soron következő kérdés, hogy vajon tényleg korunk alapvető ellentmondása-e a tudomány vagy erkölcs jelzett dilemmája.

Határozottan le kell szögeznünk: a tudomány vagy erkölcs kérdésfeltevés valóban reális társadalmi feszültséget fejez ki. Azonban ha ezt tekintenénk korunk alapvető ellentmondásának, úgy sem a társadalmi viszonyok átalakítására, sem ezen ellentmondás megoldására nem lennénk képesek semmiféle tudományos javaslatot kidolgozni.

Bizonyítékként csak egy problémára kívánunk utalni. Nem a tudósok felelősek azért, állapítja meg helyesen Joliot Curie, hogy eredményeiket embertelen célok szolgálatába állítják, hanem azok, akik a tudomány vívmányait felhasználják. Mélységesen igaz ez a megállapítás, s a többi tudós is joggal tart ki ezen álláspont mellett. Ettől azonban a probléma még nem

oldódik meg, továbbra is fennmarad a kérdés: mi az oka annak, hogy olyan viszonyok alakulnak ki, amelyek között a tudomány eredményeit embertelen célok szolgálatába lehet állítani, s mit kell tenni annak érdekében, hogy ezek megszűnjenek? Ezekre a kérdésekre a tudomány és erkölcs elvont szintjéről nem adhatunk tudományos választ, hanem csak mélyebb szintű társadalomelemzéssel, a gazdasági, az osztály-, valamint az uralmi viszonyaiba hatolva kaphatunk választ. A tudomány sorsa és eredményeinek felhasználása társadalmi meghatározottságától függ. A negatív következmények nem önmagából a tudományból, hanem a tudománynak a társadalomban elfoglalt helyéből származnak.

A kapitalista társadalomban a tudomány alapvető motiváltsága egy sajátságosan beszűkült gazdasági érdek. Amint az egész társadalom alá van vetve az uralkodó osztály praktikus utilitarista gazdasági érdekeltségének, úgy a tudomány is ezt a vágyat elégíti ki, ezért fejlesztik, s ilyen jellegű ösztönzést kap. Nem egyszerűen arról van szó, hogy a tudomány túl sokat tud, hogy túlságosan előreszaladt, hanem arról is, hogy más területen, mégpedig ott, amire az ösztönzés nem terjed ki, túl keveset tud, túlságosan hátul kullog. Mindkét tendencia a burzsoázia nemzeti és nemzetközi porondon jelentkező gazdasági és politikai érdekeiből fakad. Amíg ez az osztály fennmarad, megmarad a tudománynak ez az utilitarista-pragmatikus hipertóniája, továbbá a csereértékre, a profitra irányuló gazdaságnak való alárendeltsége. Az erkölcs és tudomány látványos kollízióii egy mélyebb ellentétnek, nevezetesen a polgári társadalom termelőerői és termelési viszonyai ellentéteinek a megnyilvánulási formái. Paradox helyzet, hogy a fenti dramatizált kérdésfeltevés egyben eme lényegi konfliktus elleplezésére hivatott. Az erkölcs és tudomány ellentétének az alapvető problémák szintjére való emelése azt a funkciót tölti be, hogy elkendőzze a legfőbb ellentmondásokat, és elterelje a figyelmet a társadalom szociális átalakításának tényleges feladatairól. A tudomány áldás vagy átok kérdésfeltevés (és ennek akár pesszimista, akár optimista megoldása) tulajdonképpen a fennálló viszonyok rögzítését szolgálja. Az is kiderült továbbá, hogy még a tudomány értékközömbösségének az eszméje sem olyan „közömbös", hiszen a társadalmi folyamatokra alkalmazva technokrata törekvést fejez ki és a jelenkor társadalmi munkamegosztásának rögzítését szolgálja. A tudomány értékközömbössége mögött valójában a technokrata elit uralmi törekvése húzódik meg. A tudomány és az erkölcs viszonyát alapvető ellentmondássá duzzasztó szemléletben a jelenkori osztálydifferenciálódás és a munkamegosztásból származó rétegződés örökös fenntartásának az eszméje rejlik. S ha ezt valaki nem

tevőkre redukálja. Ezzel nem azt akarjuk mondani, hogy a tudomány és erkölcs viszonyára vonatkozó kérdések mögött nincs reális tartalom vagy hogy ezek vizsgálata felesleges. Azt azonban állítjuk, hogy a tudomány és társadalom komplett összefüggését nem korlátozhatjuk egy részmozzanatára, nevezetesen a tudomány és erkölcs viszonyára. Ebben az esetben a tudomány és erkölcs reális problematikája sekélyes moralizálássá válik, amint ez a fenti hipertoniás kérdésfeltevés mögött hol lappangva, hol felszínre törve valóban meg is történik.

A moralizálás először is abban nyilvánul meg, hogy a tudomány társadalmi vonatkozásainak totalitása egy részmozzanatra, az erkölcsi viszonyokra redukálódik, mégpedig úgy, hogy az erkölcs fogalmát hol túl tág, hol túl szűk értelemben használják. Túl tág az értelmezés amennyiben az összes társadalmi konzekvenciát erkölcsi jellegűnek tartjuk, és túl szűk annyiban, amennyiben a felvetődő problémák megoldását végeredményben kizárólag a tudós morális lelkiismeretére bízzuk. A tudomány fejlődésében és eredményeinek felhasználásában természetesen jelentős szerepe van a tudós morális tartásának, de a tudomány egészének fejlődését nem lehet kizárólag a tudósok erkölcsi beállítódására bízni, különösen akkor nem, ha az erkölcsi felelősség nem található meg a társadalom többi rétegénél, s ha ez nem általános társadalmi követelmény. A moralizáló tendencia nemcsak túlkompenzálja az erkölcsi felelősség jelentőségét, hanem redukcióhoz vezet, elmossa többek között a tudomány és erkölcs, valamint a tudás és erkölcs problematikájának reális különbségét.

A bírált kérdésfeltevés mögött meghúzódó moralizálás hátránya továbbá abban rejlik, hogy a tudomány és az erkölcs kölcsönhatásában az egyik oldalt, mégpedig az utóbbit vizsgálóbírónak tartják, eleve adottnak, éspedig a változatlan, az örök jó birodalmának tételezik. Más szóval, az erkölcsöt nem ültetik a tudománnyal együtt a történelmi haladás ítélőszéke elé, holott ez a szemléletmód történelmietlen és manapság már teljesen tudománytalan. Az erkölcs szerkezete és tartalma a kor változó feladataival párhuzamosan alakul, módosul. Nemcsak a tudománynak kell megfelelni a kor követelményeinek, hanem az erkölcsi képességek és értékek rendszerének is nyomon kell követni a történelmi változásokat. A feladat nem csupán a tudomány erkölcsi megítélése. Az erkölcs tudományos megközelítése is korunk parancsává lett. Fel kell tennünk a kérdést: a kor erkölcsének struktúrája egyáltalában képes-e eligazítani bennünket a társadalom és a tudomány fejlődésének megítélésében, s milyen mértékben felelnek meg a kor sajátos feladatainak a kialakult erkölcsi követelmények és képességek? A morális felhívásokon túl erre a kérdésre a régi

moralizáló etika választ nem adhat. Túl kell lépnünk az egyéni felelősségen, a szűk környezetre korlátozott erkölcsi szemléletmódon, s az etikai értékeket a mikrovilágból át kell vinni a makrovilág szintjére. *Ezt az utat járja a marxista etika.* A moralizálás nem segít. A társadalmi viszonyokat úgy kell átalakítani, hogy az ember számára erkölcsi követelmény legyen tetteinek társadalmi, távlati következményeiért való felelősségvállalása. Ha ez általános elvvé és gyakorlattá válik, vagyis minden dolgozó felelősséget vállal az egész társadalom fejlesztéséért, akkor ez elvárható lesz a tudóstól is. Amikor a társadalom berendezése lehetővé és követelménnyé teszi a társadalom sorsába való beleszólást és felelősségvállalást, akkor a tudós erkölcsi felelőssége nem lesz már csupán személyes ügye, hanem mindez szakmai hivatástudatának belső problémájává fog válni. Csakis egy ilyen perspektíva tükrében várhatjuk el, hogy a tudomány az önnön gyakorlata feletti szabályozást is megvalósítsa. Mindehhez azonban új – szocialista, demokratikus – társadalmi viszonyokra, valamint új erkölcsi értékrendszerre van szükség.

A marxizmus tehát a szcientizmus és antiszcientizmus hamis alternatívájának a helyére *a tudomány társadalmasításának, valamint a társadalom tudományossá válásának* dialektikus folyamatát helyezi.

A tudomány társadalmasulása abban nyilvánul meg, hogy dezantropomorf módszerének erősödésével egyre határozottabban kibontakozik antropocentrikus funkciója, az emberiség érdekeiért vállalt tudatos tevékenység; az ismeretelméleti feladatok mellett gazdagodnak és erősödnek a tudomány szociális és kulturális funkciói; növekszik a társadalom erői feletti uralom és önszabályozás biztosításának lehetősége; a tudomány egyre szélesebb rétegeket átfogó tevékenységformává válik.

A társadalom tudományossá válása pedig abban fejeződik ki, hogy egyre nő a társadalmi tudatosság szerepe, és az irányítást képesek leszünk felemelni a közvetlen napi célkitűzés szintjéről a távolabbi perspektivikus tervezés szintjére; nő a tömegek műveltsége, kulturáltsága, tudományos felkészültsége, és az erkölcsi értékrendszer is új alapelvvel, a tudományosság erkölcsi normájával gazdagodik.

A tudományosság, azaz a valóság sokoldalú megismerése, a dialektikus szemléletmód, ma már nemcsak ismeretelméleti igény, de a szocialista értékrendszerben erkölcsi norma is. Az alkotás szükséglete, a hivatástudat, a társadalom ügyéért vállalt felelősség az egyén szubjektív erkölcsi ügyéből egyre inkább a tudományos tevékenység társadalmilag igényelt belső ügyévé lesz.

JEGYZETEK

[1] MEM 13. köt. Budapest 1965. 483. old.
[2] *J.–J. Rousseau:* Értekezések és filozófiai levelek. Budapest 1978. 15. old.
[3] MEM 12. köt. Budapest 1967. 1–2. old.
[4] MEM 9. köt. Budapest 1964. 214. old.
[5] *W. Heisenberg:* A rész és az egész. Gondolat 1978. 266. old.
[6] *W. Heisenberg:* Id. mű. 273. old.
[7] *N. Bohr:* Életem és nézeteim. Moszkva 1973. 130. old.
[8] *L. de Broglie:* Válogatott tanulmányok. Gondolat 1968. 323–324. old.
[9] *L. Tolsztoj:* Tudomány és művészet. Budapest 1947. 34. old.
[10] MEM 9. köt. 214. old.

FIZIKA

HORVÁTH JÓZSEF

A „fizikai realitás" mint probléma

„FIZIKAI REALIZMUS" ÉS „FIZIKAI REALITÁS"

A tudományfejlődés eddigi tapasztalatai azt mutatják, hogy a tudományos forradalmak időszakában egy-egy tudomány történelmi sorsfordulója esetén a problémákat tekintve kiélezett szituáció jön létre, ami sajátos önreflexiós tevékenységet indít el. A keletkező ellentmondások felszínre hozzák a tudományfejlődés eddig rejtett, ösztönösen ható vagy tényként kezelt, az általános elvi alapokat érintő ismeretelméleti és ontológiai kérdéseket. A kialakult szituáció értékelését, a meglevő ellentmondások leküzdésének módját és irányait illetően különböző álláspontok alakulnak ki, különböző iskolák és irányzatok jönnek létre.

A fizika első nagy forradalma, ami a modern természettudományok fejlődésének kezdetét jelentette, annak a széles körű forradalomnak a keretei között zajlott, amely a természettudományok létjogosultságát támasztotta alá és a teológia uralma alól való felszabadulását, függetlenségét vívta ki. Ez a fejlődés döntően az égi és a földi mechanika terén ment végbe. Ennek a kornak a végső szakaszát Newton neve fémjelzi, és a tudományos fejlődés egy bizonyos időszakát zárja le.

A fizika fejlődésének újabb szakasza a XIX. század második felére és a XX. század elejére esett, amikor a szaporodó új tudományos tények és a felvetődő problémák fokozatosan megrendítették a klasszikus mechanikába vetett „dogmatikus hitet". Ez utóbbinak két összetevője volt. Azt tartották, hogy a fizika csupán bonyolult mechanika és hittek a természet tisztán mechanikai magyarázatában, továbbá abból indultak ki, hogy a fizikából eljuthatnak az anyag metafizikus magyarázatához, vagyis a fizikai elméleteknek ontológiai jelentőséget tulajdonítottak.

Ezt a meggyőződést, melyen a világegyetem mechanikai elmélete alapszik, nevezte el James Ward angol idealista filozófus[1] *„fizikai realiz-*

musnak". Éles vitába keveredett A. W. Rücker fizikussal, aki ezzel az irányzattal szemben a „fizikai szimbolistákat" védelmezte. A. Rey francia filozófus szerint a korabeli fizikusok ismeretelméleti felfogásuk tekintetében három iskolát képviseltek: a *mechanikai* vagy az *új-mechanikai* iskolát (ide tartozott a fizikusok túlnyomó többsége: Kirchhoff, Helmholtz, Thomson [lord Kelvin], Maxwell a régebbi és Larmor, valamint Lorentz a modernebb felfogású fizikusok közül; a *konceptuális* iskolát (ide tartozik Mach és Duhem), valamint a *kritikai* iskolát (mely koncepcióját tekintve az előbbi kettő között foglal helyet).[2]

A fizikai realizmus, amit a mechanikai vagy az új-mechanikai iskola hívei képviselnek, nem más, mint annak a feltételezése, hogy az objektív valóság tudatunktól függetlenül létezik és a fizika elmélete ennek a valóságnak a megismerése során jön létre. *A fizikai realizmus* a „naiv realizmushoz" hasonlóan – ez utóbbi a természettudósok ösztönös materialista ismeretelméleti meggyőződése – lényegét tekintve *materialista ontológiai és ismeretelméleti világnézeti irányzat a fizikában.* A „realizmus" szó itt az idealizmus ellentéte értelmében szerepel. Az egyértelmű és világos terminus a materializmus. „Ami engem illet – írja Lenin –, én Engels nyomán ebben az értelemben *kizárólag* a materializmus szót használom, ezt a terminust tartom egyedül helyesnek, különösen azért, mert a »realizmus« szót lejáratták a pozitivisták és más zavaros fejűek, akik a materializmus és az idealizmus közt ingadoznak."[3] A „realizmus" terminus azonban meglehetősen meggyökeresedett a polgári irodalomban. Mario Bunge szerint a fizikai elméletekre vonatkozóan jelenleg négy tézis létezik: a realista, a szubjektív, a koppenhágai és a dualista. A realista tézis – mely a fizikai elméletek formuláit tartalmasnak tekinti és szükségesnek tartja objektív interpretációjukat – hívei közé Boltzmannt, Planckot, Einsteint és de Broglie-t sorolja.[4]

A fizikai realizmusnak és a természet tisztán mechanikai magyarázatának összefonódása következtében a mechanikai világkép meghaladásának szükségessége kérdésessé tette a fizikai realizmus létjogosultságát is. A klasszikus mechanika fizikai relaizmusában a materializmus sajátos történeti formája, a XVII–XVIII. századi metafizikus materializmus fejeződött ki. A természettudósoknak az az iskolája, amely nem tudott töretlenül és gyorsan felemelkedni a metafizikus materializmustól a dialektikus materializmushoz, elsiklott a reakciós filozófiák felé és a fizikai realizmust a fizikai idealizmussal cserélte fel.[5] A mechanikai természetfelfogás meghaladásának nehézségei azonban a fizikusok többségét a fizikai realizmustól, vagyis a materializmustól nem tántorították el.

A fizikai világképnek a relativitáselmélet, valamint a kvantumelmélet által bekövetkezett gyökeres változása elkerülhetetlenné tette a hagyományos „fizikai realizmus" felülvizsgálatát, új módon vetődött fel a *„fizikai realitás"* problémája.

A „FIZIKAI REALITÁS" MINT KÖZPONTI PROBLÉMA

Einstein a „fizikai realizmus" (ti. a materializmus) ismeretelméleti hagyományait követve vetette fel a „fizikai realitás" kérdését. „Minden komoly fizikai elméletben – írja – figyelembe kell venni a megkülönböztetést az elméletektől független objektív valóság és azon fizikai fogalmak között, amelyekkel az elmélet dolgozik... A fizika azon fáradozik, hogy a létezőket fogalmilag olyasmivel magyarázza, amit az észleléstől függetlennek tekintünk. Ilyen értelemben beszélünk »fizikai realitásról«."[6] Einstein azzal is tisztában van, hogy a „fizikai realitás" fenti értelmezésétől való eltérés komoly veszélyt jelent a fizika számára. A „Brown-féle mozgás" értelmezésének tudománytörténeti tapasztalatait összegezve erről így ír: „Ennek a gondolatmenetnek a tapasztalattal való egyezése, továbbá a molekulák valódi nagyságának a sugárzás törvényéből Planck által való meghatározása (magas hőmérséklet esetén) az akkori nagyszámú kétkedőket (Ostwald, Mach) is meggyőzte az atomok realitásáról. E kutatóknak az atomelmélettől való idegenkedését kétségkívül pozitivista filozófiai beállítottságuk okozta. Érdekes példa ez arra, hogy a filozófiai előítéletek a merész gondolkodású és finom ösztönű kutatókat is megakadályozhatják a tények értelmezésében."[7] Bár egy más jellegű tudománytörténeti példa kapcsán, de teljes mértékben egybecsengenek ezekkel a megállapításokkal de Broglie szavai: „Egyébként is az a véleményem, hogy egyes filozófiai rendszerek, így a pozitivizmus és idealizmus, meglehetősen káros hatásúak voltak a mai kvantumfizika kifejlődésére. Az a mély meggyőződésem, hogy létezik rajtunk kívülálló fizikai valóság, amely független gondolkodásunktól s tökéletlen megismerő eszközeinktől."[8] Mindezektől meglehetősen eltérő véleménnyel találkozunk Heisenbergnél, aki a modern természettudomány alapjaiban bekövetkezett változásokból a materialista felfogás krízisére következtet. „A világnak az a régi felosztása – vélekedik –, amely szerint az események egyfelől objektíve folynak le térben és időben, és másfelől ezek az objektíve lefolyó esemé-

nyek lelkünkben tükröződnek, azaz a Descartes-féle res cogitans és res extensa közti különbségtétel többé nem alkalmas arra, hogy segítségével a modern természettudományt megérthessük."[9]

Ebben az esetben a „fizikai realitás" problémakörének legáltalánosabb világnézeti fonaláról van szó, ami számos esetben speciális fizikai és filozófiai problémával kapcsolódik össze.

Einstein a „fizikai realitásról" elmélkedve, gondolatmenetét így folytatja: a „kvantumfizika előtti időben nem volt semmi kétely afelől, hogy ezt hogyan kell érteni. Newton elméletében a térben levő anyagi pontok, Maxwell elméletében a térben és időben létező erőtér képviselte a realitást. A kvantummechanikában kevésbé áttekinthető a helyzet. Ha feltesszük azt a kérdést, hogy a kvantumelmélet Ψ-függvénye ugyanolyan értelemben vett reális tényállást fejez-e ki, mint egy anyagi pontrendszer vagy egy elektromágneses erőtér, nem szívesen válaszolnak egyszerű »igennel« vagy »nemmel«."[10] Ennek egyik okát Heisenberg Bohmnak – aki a konfigurációs tér hullámait ugyanúgy „objektíve valóságosnak" tekinti, mint az elektromos erőtereket – a koppenhágai értelmezéssel szemben történő fellépését elemezve a következőképpen magyarázza: „itt merül fel az első nehézség: mit értünk azon, hogy a konfigurációs térben a hullámok »valóságosak« vagy »reálisak«? Ez a konfigurációs tér egy nagyon absztrakt tér. A »reális« szó azonban a latin »res« szóból származik, aminek értelme »dolog« vagy »tárgy«. A dolgok azonban a közönséges háromdimenziós térben vannak, nem egy absztrakt konfigurációs térben. Indokolt lehet a hullámokat a konfigurációs térben objektívnek nevezni, ha ezzel azt akarjuk mondani, hogy a hullámok függetlenek a megfigyelőtől. De alig lehet őket valóságosnak vagy reálisnak nevezni, hacsak nem akarjuk a szavak jelentését önkényesen megváltoztatni."[11] A problémának egy ettől eltérő vonatkozását Heisenberg a „valószínűségi hullám" fogalma értelmezésével összefüggésben veti fel. Bohr, Kramers és Slater valószínűségi hullámfogalma körülbelül annyit jelentett – írja –, „mint egy meghatározott történésre irányuló tendenciát. Az arisztotelészi filozófia régi δυναμιδ vagy »potentia« fogalmainak kvantitatív megfogalmazását jelentette. A fizikai realitásnak különleges nemét vezette be, amely nagyjából a lehetőség és a valóság között van."[12]

A probléma egyre bonyolultabbá válik: a fizikai realitás egyik neme a lehetőség és a valóság között helyezkedik el, s mindez szorosan összefügg a kvantummechanika által tárgyalt jelenségekkel. Az atomok és az elemi részecskék azonban nem ugyanolyan valóságosak, mint mindennapi éle-

tünk bármelyik jelensége. Inkább tendenciák és lehetőségek világát alkotják, mint dolgokét és tényekét.[13]

A megfigyelés folyamata a részecskék esetében a folyamatok durva megzavarását jelenti, ami a problémák újabb dimenzióját eredményezi. A részecskéknek a megfigyelés folyamatától független viselkedéséről ugyanis már egyáltalán nem lehet beszélni. „Ez végső fokon azt jelenti, hogy a kvantummechanikában matematikailag formulázott természettörvények nem az elemi részecskékre mint olyanokra vonatkoznak, hanem az elemi részecskékre vonatkozó ismereteinkre."[14] Az objektum és a szubjektum viszonyának ez az értelmezése a természetleírás objektivitásának elvetéséhez, a materialista ontológia szubjektivista kritikájához vezet és az okság elvének feladását eredményezi. Egy kvantummechanikai mérés eredményeinek leírásánál mindezek következményeire M. Bunge szellemes példája mutat rá.

Az objektivitás követelményének eleget tevő leírás: az x fizikai objektum P tulajdonságának értéke egyenlő y-nal; vagyis $P(x) = y$.

Egészen más lesz a helyzet, amennyiben a fizikai mennyiség értékének a helyére az adott megfigyelő által észlelt (mért) érték kerül, formulánk pedig így módosul: $P'(x, z, t, o) = y$, ahol t a mérőberendezés, o azon operációk egymásutánja, amelyeket z megfigyelő végez az x objektumon P tulajdonság mérésekor. Az állapotok ebben az esetben a rendszerre és a megfigyelőre egyaránt vonatkoznak. Ebből azután az a paradox helyzet adódik, hogy mérés esetén maga a szubjektum is meghatározatlan állapotba kerül.[15]

A „fizikai realitás"-sal kapcsolatban felmerülő problémák összekapcsolódásában a kvantumelmélet mellett nem kis szerepe volt a relativitáselméletnek. Az éter fizikai realitásának felszámolása új helyzetet teremtett a tér és az idő értelmezésében. Érdekes Einstein azon álláspontja, miszerint az általános kovariancia követelménye a teret és az időt a fizikai tárgyiasság utolsó maradványától is megfosztja, miközben nyilvánvalónak tartja, hogy a térbeli viszonyok ugyanolyan értelemben reálisak, mint maguk a tárgyak.[16] Sajátos problémát jelent a gravitációs erőtér és a tér–idő kontinuum. Az általános relativitáselméletet ismertetve a következő konklúzióra jut: „az itt vázolt fejlődésmenet következtében a tér–idő-koordináták minden önálló realitásukat elvesztették. A metrikus valóságot most csupán a tér–idő koordinátáknak azokkal a matematikai mennyiségekkel való kapcsolata határozza meg, amelyek a gravitációs erőteret leírják."[17] Egyes szerzők kétségbe vonják a tér–idő kontinuum fizikai realitását, s mint bármely sokdimenziós teret olyan absztrakt

konstrukciónak tekintik, amely az elméleten kívül, attól függetlenül nem létezik.[18] A relativitáselmélet kapcsán ismételten felvetődik az objektum–szubjektum viszonyának kérdése. Az elmélet einsteini felépítése a megfigyelés, a mérés és az objektum tanulmányozásának logikáját követi. A megfigyelő a tárgy azon oldalát méri, értékeli, amely megfigyelésének és mérésének eszközéhez képest lép fel. Ez a megközelítés – ahogy A. D. Alekszandrov írja – egyszerűbb és a fizikushoz közelebb álló, azonban nagy ideológiai veszélyt is rejt magában, amelyet az idealizmus ki is használ.[19]

A „fizikai realitás"-sal kapcsolatos problémák egyre bonyolultabbakká váltak, amit a fizika fejlődésének sajátos úton és sajátos körülmények között végbemenő fejlődése eredményezett. Az új fizikai elméletek – kitüntetetten a relativitáselmélet és a kvantummechanika – a természet lényegének mélyebb szintjét tárták fel, s ez szükségessé tette „a fizikai realitás" struktúrájáról kialakult korábbi elméletek gyökeres felülvizsgálatát és egy új fizikai világkép felvázolását. Az ily módon bekövetkezett változás a fizika fejlődésében szükségszerűen fonódott össze a fizikai elméletek ontológiai és ismeretelméleti alapjainak értelmezésével és továbbfejlesztésével. A köztük levő kapcsolat helyes feltárása teszi lehetővé az itt vázolt központi probléma megoldását. Ez a feladat azonban csakis a metafizikus materializmustól a dialektikus materializmushoz való felemelkedés útján valósítható meg.

E feladat elvégzésének elvi alapját csakis a dialektikus materializmus képezheti. Heisenberg a metafizikus materializmustól az idealizmus irányába haladva a dialektikus materializmus hatékonyságát kérdőjelezi meg. „Nem várhatja el senki – írja –, hogy mindazoknak a gondolkodóknak, akik több mint száz év előtt bevezették a dialektikus materializmust, előre kellett volna látniuk a kvantumelmélet fejlődését. Az anyagról és a valóságról alkotott fogalmaikat nem szabhatták mai kifinomodott technikánkhoz."[20] Való igaz, hogy Marx és Engels nem láthatta előre sem a kvantumelmélet, sem a relativitáselmélet létrejöttét. A metafizikus materializmus meghaladásával, egy új dialektikus materialista természetkép felvázolásával azonban filozófiailag anticipálták a fizika fejlődésének az atom oszthatóságához, a tér–idő és a mozgó anyag egységéhez, valamint a véletlen objektív szerepének feltárásához vezető útját. Lenin már ezt a modern materializmust fejlesztette tovább a XX. századi fizika kibontakozó forradalmának tanulságai alapján, s ennek kapcsán, többek között a „fizikai realitás" helyes értelmezésének megalapozását is elvégezte. Idézzük itt a továbbiak szempontjából egyik alapvető jelentőségű útmu-

tatását. „Persze badarság azt állítani, hogy a materializmus »kevésbé« valóságosnak tartja a tudatot, vagy hogy okvetlenül a »mechanikai« világképhez ragaszkodik, s nem hajlandó elismerni a világnak, mint *mozgó anyagnak* elektromágneses, vagy valamilyen más, mérhetetlenül bonyolultabb képét."[21]

A továbbiakban ezek alapján kíséreljük meg a „realitás" különböző típusainak felvázolását, valamint a ma már valóban mérhetetlenül bonyolult fizikai világkép struktúrájára vonatkozóan teszünk néhány megállapítást.

A REALITÁS TÍPUSAI ÉS A FIZIKAI REALITÁS

A klasszikus mechanikában a „fizikai realitás" magától értetődő, mint minden életteljes, kézzelfogható, mindennapi dolog. A modern természettudományok alapjaiban bekövetkezett változások által implikált elemzés kapcsán azonban az derült ki, hogy nagyon is agyafúrt dolog, tele van metafizikai csalafintaságokkal, szeszélyekkel, néha még úgy is tűnt, mintha saját akaratából táncolni kezdene.[22] Ahhoz, hogy szétoszlassuk ezeket a látszatokat, legelébb is a „metafizikai csalafintaságoknak" kell utána járnunk. El kell végeznünk „a realitás" kategoriális filozófiai analízisét.

A *lét*, *létezés*, *realitás*, *valóság* terminusok absztrakt, általános értelmükben véve egynemű, egyrendű, azonos fokú fogalmi jelentéssel rendelkeznek, s így gyakran szinonim fogalmakként kezelik őket. H. Margenau polgári filozófus, a fizikai realitás elemzését bevezetve, arra az álláspontra jut, hogy amennyiben a „lét" fogalmának valamiféle jelentést akarunk tulajdonítani, akkor azonosítanunk kell a realitás fogalmával. A matematikát – írja – és a logikát figyelmen kívül hagyva, a „létezés" és a „realitás" terminusokat szinonimaként kell kezelni. A „realitás" tartalmának történeti elemzésével Margenau is felszínre hozza – legalábbis részben – jelentésének sokféleségét.[23] Ezek a fogalmak valójában többféle kategoriális értelemben jelennek meg a különböző filozófiai problémák kapcsán és a filozófia történeti fejlődésében. Sajátos relációt fejez ki például a lét és a lényeg, a valóság és a lehetőség, vagy a reális és a formális lehetőség viszonya. Mindezen tartalmi vonatkozások elméleti kimunkálása nem kis jelentőséggel bír a „fizikai realitás" struktúrájának tanulmányozása során.

Az említett viszonylatoktól eltekintve a realitás és a valóság fogalmai ténylegesen a puszta létezés absztrakciójához vezetnek, melynek során minden különbözőségtől elvonatkoztatunk, s így csak az a közös vonás marad meg, hogy mindaz amiről szó esik, *van*. A lét így önmagában nem jellemez és nem jellemezhető. Minden „létező" azokat a tulajdonságokat, képességeket, illetve funkcionálásukat jelenti, amelyekkel az a „valami" rendelkezik, aminek a létezéséről szó van. A létezés terminus e „fogalmi üressége" kedvező talajt biztosít a különböző világnézeti manipulációk számára, a „metafizikai" problémák megkerülésére, az alapvető filozófiai irányzatokat elválasztó határok összemosására. A neopozitivizmus a létezés-probléma középpontivá tételével próbálja meghaladni a materializmust és a pártatlanság, valamint a világnézeti semlegesség látszatával elfedni szélsőséges szubjektív idealizmusát.

A logikai és a lingvisztikai pozitivizmus képviselőinél a létezés típusainak vizsgálata felcserélődik a létezés szó jelentéstípusainak az értelmezés során felmerülő problémáival. A logikai és a matematikai létezést szinte kizárólagosan az ellentmondásmentesség elvével deszignálják. Létezik az, ami ellentmondásmentesen leírható a matematika eszközeivel, vagy általánosabban: egy jelnek van deszignátuma, ha a neki megfelelő egzisztenciális kifejezés nem tartalmaz logikai ellentmondást. Ezzel mindössze annyit mondunk, hogy egy jelnek, egy kijelentésnek akkor van jelentése (értelme), ha nem tartalmaz logikai ellentmondást. Itt tehát valójában nem a létezés egyik típusáról, hanem az értelmes kijelentés formális-logikai kritériumáról van szó. Hasonló a helyzet, amikor azt mondom, hogy minden definiálható tulajdonság létezik. A létezés szó itt azt jelenti, hogy az adott tulajdonság (bátorság, egészség) definiálható. A létezés kritériuma a definiálhatóság. A létezés formális-logikai, illetve lingvisztikai kritériumainak abszolutizálásával a neopozitivisták elmossák a létezés típusai közötti különbözőségeket, a tudaton kívül létezőket a logikai létezés derivátumává teszik: egy objektum logikailag létezik, ha fizikai létezésének feltételezése nem tartalmaz logikai ellentmondást; egy jelnek van denotátuma, ha az általa jelölt dolog fizikailag létezik. A neopozitivisták fizikai létezésen bármely konkrét tárgy létezését értik („fizikai létezés a konkrét tárgyakat illeti meg"). A létezésnek ezt a fajtáját pedig az úgynevezett közvetlen, vagy másként empirikus létezéssel hozzák összefüggésbe. A közvetlen vagy empirikus létezés érzékszerveinkben feltáruló létezést jelent, anélkül, hogy az érzékelt dolog feltétlenül fizikai létezéssel is bírna. A közvetlen létezés és a fizikai létezés nem egymást kizáró fogalmak, hiszen a valaki által észlelt tárgy mindkét létezéssel bírhat. Ezzel

újabb lehetőség nyílik a létezés szubjektivizálására: a közvetlen létezés kritériuma az érzékelés.

A materializmus, a neopozitivizmustól eltérően a konkrét dolgok fizikai létezéséből vezeti le az érzékszerveinkben feltáruló létezést, és nem fordítva, nem a fizikai valóságot származtatja annak érzékszerveinkben feltáruló létezéséből. Az érzet, a gondolat természetesen semmivel sem „kevésbé" létező, mint a fizikai tárgy. Sőt mi több, a legképtelenebb álom, az erdei manókba, a hazajáró lelkekbe stb. vetett hit is tény. Ráadásul semmi esélyünk arra, hogy a logikai ellentmondásmentesség kritériuma alapján mindezeket „megfosszuk" létüktől.

Amidőn arról beszélünk, hogy egy fizikai tárgy, gondolat, zavaros álom, kívánság, óhaj egyaránt létező, azon túlmenőleg, hogy *vannak*, nem kölcsönzünk nekik semmiféle további közös vagy nem közös tulajdonságot. Ebben az esetben a létezés problémája csupán egy meghatározott aspektusban vetődik fel: létezik valami vagy nem, van vagy nincs. Mihelyt azonban kezdünk eltávolodni attól az egyszerű ténytől, hogy minden dologban közös a lét, mindjárt előbukkannak a különbözőségek. *Ha a dolgok létén – szemben a nemléttel – realitásukat értjük, a létezők különbözőségei, pontosabban további közös és nem közös jellemzőik alapján kapjuk meg a realitás eltérő típusait.* E további közös és nem közös jellemzők azonban terjedelmük, tartalmuk és jellegük szerint is meglehetősen eltérőek lehetnek. A terjedelem és a tartalom dialektikus egysége alapján megkülönböztetjük a realitás egyes, különös és általános szintjét. A realitás legáltalánosabb szintje, a filozófia alapkérdésében kifejezésre jutó anyag–tudat viszony. A marxista filozófia – a vulgáris materializmustól (mely csak az anyagot tekinti reálisnak), valamint a szubjektív idealizmustól (mely csupán a tudatot tekinti realitásnak) eltérően – az anyagot is és a tudatot is valóságos (reális) létezőnek tartja.

Az első és alapvető „metafizikai" probléma éppen az *anyagi és tudati realitás* viszonyának értelmezésénél adódik (*A*). Melyek a közös és az egymástól eltérő jellemzői a realitás e két típusának?

Az már az eddigiekből is egyértelműen következik, hogy a realitás nem valamiféle anyag és tudat melletti (vagy előtti) harmadik dolog, hanem mindkettőnek olyan közös vonása, mely még mit sem mond tényleges egységükről, illetve különbözőségükről. *Ontológiailag* a különbözőség abban a kérdésben fogalmazódik meg, hogy melyik az eredendő, a szubsztancialitással bíró realitás: az anyag vagy a tudat? A dialektikus materializmus válasza egyértelmű: az anyag az elsődleges (a szubsztanciálisan létező), a tudat a másodlagos. Ebben a relációban az egység, a

tudat anyagi eredetében, anyagtól való elválaszthatatlanságában fejeződik ki. A különbözőség pedig a következőkből adódik: a tudat általános lényegét tekintve tükörkép, és mint képmás a tudattól független *objektív anyagi realitástól* (I) eltérően szubjektív, eszmei realitás. *Ismeretelméleti* vonatkozásban az objektív anyagi realitás, valamint a szubjektív eszmei képmás azonosságának, illetve különbözőségének a kérdése vetődik fel. Az azonosságot ebben a relációban az igazság fejezi ki. Az objektív anyagi realitással megegyező, hű, adekvát tükörkép, képmás az objektív igazság értékét veszi fel. Az igaz ismeret ily módon – ismeretelméleti és ontológiai státusát tekintve egyaránt – *objektív eszmei realitás* (II).

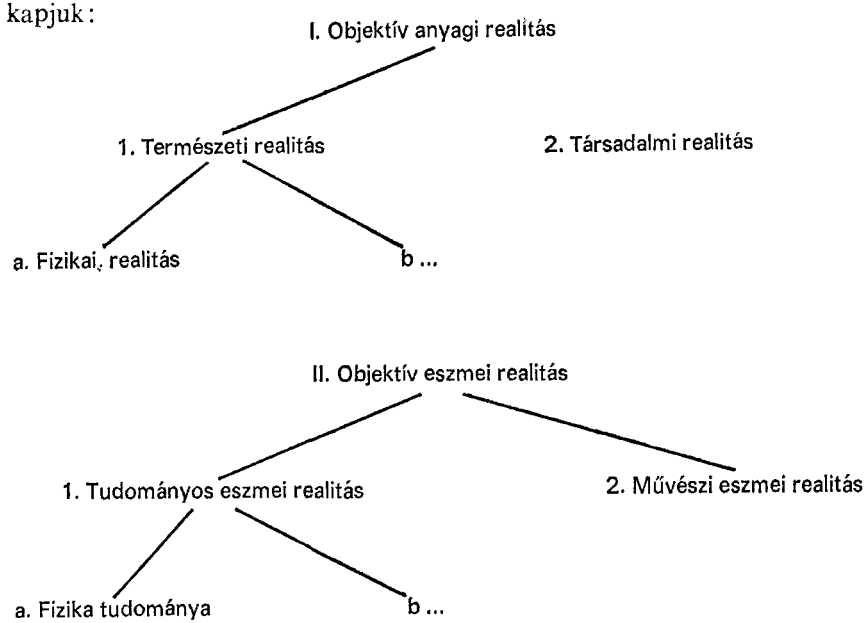
A realitás további közös és eltérő vonásai alapján az objektív anyagi realitás további két típusa különböztethető meg: *a természeti realitás (1) és a társadalmi realitás (2)*. A természet az objektív anyagi realitás alaptípusa. A természet és a társadalom az objektív realitás két formája. „Minden materializmus elismeri az emberiség tudatától, érzetétől, tapasztalatától stb. független, objektív, valóságos létet (anyagot). A történelmi materializmus a társadalmi létet az emberiség társadalmi tudatától függetlennek tekinti. A tudat ott is, itt is csak visszatükröződése a létnek, legjobb esetben megközelítően hű (adekvát, eszményi pontosságú) visszatükröződése."[25] A természeti realitás objektivitása abban áll, hogy tudatos lények létezésétől, az embertől és az emberiségtől függetlenül létezhet és fejlődhet.

A természet és a társadalom kölcsönhatását a munkatevékenység közvetíti. A gyakorlati tevékenység, a munka képezi az emberi megismerés (így a természet megismerésének is) közvetlen alapját. Az ember és a külvilág, az ember és a természet *gyakorlati* (és ismeretelméleti) kölcsönhatása hozza létre azt az új realitás-relációt, amit objektum–szubjektum viszonynak nevezünk. *Az objektum és a szubjektum a realitás két specifikus szférája.* A szubjektum a társadalmi realitás formája. *Az objektum* mint a szubjektum (ember, emberiség) tevékenységének (és megismerésének) tárgya, *mindenekelőtt az objektív természeti realitás szegmentuma.*

A fizikai realitás a természeti realitás egyik alapformája, s mint ilyen *az objektív anyagi realitás különös típusa.* Az objektív anyagi fizikai realitás egyben az *ember gyakorlati*, vagyis munka- és megismerő *tevékenységének objektuma.* Ennek az ember által történő visszatükröződése pedig nem más, mint az az eszmei realitás, amit a fizika tudományának nevezünk. *A fizika tudománya* tehát egyrészt az objektív anyagi fizikai realitást, objektumot hűen és adekvát módon visszatükröző *objektív eszmei realitás*, másrészt mint tudomány, az emberiség történelmi tevékenysége

termékeként létező *sajátos társadalmi objektiváció*. A tudomány (például a művészet mellett) az össztársadalmi megismerő tevékenység objektív eszmei produktum-rendszerének egyik alapvető formája. A fizika tudománya ily módon nem más, mint az objektív eszmei realitás tudományos alapformájának egyik típusa.

Az *eddigiek* rövid összefoglaló ábrázolását adva, a következő sémát kapjuk:



A realitás előbbiekben vázolt általános struktúrájának következetes értelmezése számos „metafizikai" csapdától menthet meg bennünket. Mindezek ismerete például már megóv attól, hogy összekeverjük az objektív anyagi fizikai realitást annak objektumszegmentumával és meg tudjuk különböztetni az „anyagi pontot" (tömegpontot) mint objektív eszmei realitást a tehetetlen tömeggel rendelkező fizikai testtől, mint objektív anyagi realitástól. A teljesebb „metafizikai" (világnézeti, filozófiai) biztonság érdekében azonban tovább kell lépni, *vizsgálat tárgyává kell tenni az objektív anyagi realitás, valamint az eszmei realitás par excellence ingradienseit és szegmentumait (B)*.

A neopozitivizmus empirizmusának és apriorizmusának ismeretelméleti forrása például a lényeg és a jelenség metafizikus szétválasztásából

adódó hamis értelmezés; az empirikus megismerés formái (érzet, tapasztalat), valamint a jelenség mint az objektív anyagi valóság szegmentuma közötti különbség összemosása. A jelenség és a lényeg egyaránt az objektív anyagi realitás szegmentumai (valóság [realitás] = lényeg↔jelenség). Az empirikus és a teoretikus megismerés viszont az eszmei realitás ingradiensei (tudományos megismerés = empirikus szint ↔ teoretikus szint).

A véletlen státusának kérdése szoros kapcsolatban van az „ismereteink hiányosságának realitása" és a „meghatározottság" sajátos formáinak objektív anyagi realitása közötti összefüggéssel. A hiányos vagy teljes ismeret az eszmei realitás szférájához tartozó meghatározottság. A szükségszerű és a véletlen az objektív anyagi realitás meghatározottságának formái.

Dolog, tulajdonság, viszony; rész, egész, rendszer; tartalom és forma; struktúra és funkció; mennyiség és minőség; egység és sokféleség; abszolút és viszonylagos; állapot és változás; kölcsönhatás, mozgás; változás és állandóság; folytonosság és megszakítottság; tér és idő; egyes, különös és általános; ok és okozat; szükségszerű, véletlen és törvényszerű; külső és belső; közvetlen és közvetett; lényeg és jelenség; ellentét és ellentmondás; lehetőség és valóság – mindezek az objektív anyagi realitás ingradiensei és szegmentumai (I). „A természet – írja Lenin – konkrét *és* elvont, jelenség *és* lényeg, pillanat *és* vonatkozás *egyaránt*."[25] Mindezen relációk együttesen fejezik ki az objektív anyagi realitás *dialektikáját*.

Az ember igaz ismeretek birtokába jutva, az általa létrehozott („teremtett") eszmei realitásban (II) visszatükrözi a természetnek, az objektív anyagi realitásnak a struktúráját. *Az objektív (igaz) eszmei realitás tartalmi struktúrája* (1) egybeesik, megfelel az objektív anyagi realitás struktúrájának, visszatükrözi annak dialektikáját. Az ember azonban nem tudja az objektív anyagi realitást – az *egész* természetet teljes mértékben „közvetlen totalitásában" visszatükrözni, csak *örökké* közeledni tud hozzá, elvonatkoztatások, fogalmak, törvények, tudományos világkép stb. alkotásával; a megismerés a gondolkodás örök, végtelen közeledése az objektumhoz.[26] Alkotó megismerő tevékenysége során az ember létrehozza *az eszmei realitás sajátos alakzatait, formáit* (2) – *érzet, képzet; fogalom*; *hipotézis, elmélet* stb. – valamint összefüggéseik és működtetésük eljárásait (következtetés; indukció; dedukció; analízis és szintézis stb.). Ezek az alakzatok *mint formák* azonban az össztársadalmi megismerés tevékenységének produktumai és mint ilyenek forrásukban és megjelenésükben – nyelvi jelek, matematikai formulák – *sajátos társadalmi objektivációk*, melyek a foglalatoskodás és az elsajátítás sajátos objek-

tumai. Tartalmukban viszont, az eszmei realitás specifikus formái *szubjektívek*. Az eszmei realitás alakzatai, így például a logikai fogalmak – mint ezt Lenin kiemeli – azonban csak addig szubjektívek, amíg elvont formájukban maradnak. „Az emberi fogalmak elvontságukban, elszakítottságukban szubjektívak, de egészében, folyamatukban, összegükben, tendenciájukban, forrásukban objektívak."[27]

A külvilág realitásának helyes értelmezése során ezek a sokrétű és bonyolult relációk vezethetik félre az embert. Az általános és az egyes, a fogalom és az érzet, a lényeg és a jelenség stb. dialektikájába zavarodik bele az ember.[28] Ezeket a buktatókat kell elkerülni a fizikai realitás természetének és struktúrájának feltárásánál.

A FIZIKAI REALITÁS TERMÉSZETE ÉS STRUKTÚRÁJA

A fizikai realitás természetét vizsgálva már nem csupán a fizikai puszta létezéséről esik szó. Ha például azt mondom, hogy fizikai létező mindaz, ami valamely fizikai elmélet keretében realizálható, akkor ezzel már a fizikai létezés természetét is meghatározom; a fizikai realitást az eszmei realitás egyik típusaként értelmezem. Igaz, a fizikai létezés elemzése is szükségszerűen elvezet a létezés természetének kérdéséhez. A „fizikai létezés" kijelentés ugyanis a következő elemeket tartalmazza: 1. a létezés problémáját (mit jelent létezni); 2. a *fizikai* létezés mibenlétének problémáját (mit értünk fizikain). Ez utóbbi pedig már a fizikai realitás természetére vonatkozik, s a relativitáselméletben, valamint a kvantummechanikában ez – mégpedig általános ontológiai és ismeretelméleti vetületében – jelenti a tényleges problémát. *A fizikai realitás értelmezése a modern fizika par excellence filozófiai problémája, ami egyben a jelenlegi fizikai kutatások stratégiájának középpontja is.*

Mindezt jól példázza Heisenbergnek az alábbiakban ismertetésre kerülő gondolatmenete. A modern természettudományok alapjaiban bekövetkezett változások oda vezettek, hogy az a kérdés, miszerint az elemi részecskék „mint olyanok" térben és időben léteznek-e, ebben a formában egyáltalán fel sem vethető.[29] „A természettudomány többé nem mint a természet szemlélője áll előttünk, hanem felismerte, hogy önmaga is az ember és a természet közötti kölcsönhatás része. Az elkülönítés, megmagyarázás és elrendezés tudományos módszere tudatára ébredt ama hatá-

roknak, melyek számára azáltal állanak fenn, hogy a vizsgálati módszernek a vizsgált jelenségbe való beavatkozása a tárgyat megváltoztatja és átalakítja, azaz, hogy a módszer többé nem függetlenítheti magát tárgyától. *A tudományos világkép sajátosan természettudományos jellege ezzel megszűnt*... A kutatás célja tehát többé nem az atomoknak és mozgásoknak »önmagukban« való, azaz minden kísérleti kérdésfeltevéstől leválasztott ismerete; ellenkezőleg, már kezdettől fogva kellős közepén állunk az ember és természet közötti kölcsönhatás kérdésének, melynek a természettudomány csupán egyik része... Így a természettudományban is *a kutatás tárgya többé nem a természet mint olyan, hanem az emberi kérdésfeltevésnek kitett természet* és ennyiben az ember itt is újból önmagával találkozik."[30]

Nézzük meg, hogy mit akar mondani Heisenberg és hol téved. A technika gyors és széles körű fejlődésével a fizika tárgyköre több irányba is kibővült. A modern technikának, mint az ember által elsajátított és átalakított természetnek (az úgynevezett második természetnek) számos objektuma vált a modern fizikai kutatásoknak nemcsak közvetítőjévé és eszközévé, hanem tárgyává is (gondoljunk a szilárdtest-fizikára, az elektronikára stb.). A természettudomány előrehaladásával, helyének és szerepének tudatosodásával önmagát is vizsgálódásának tárgyává tette. A mérés például mint a megismerés egyik módja a kutatómunka fontos részproblémája lett a fizikában. A mérés megismerése (az úgynevezett méréselmélet) azonban már nem konkrét fizikai, hanem általános tudományelméleti probléma (vagy ahogyan egyesek mondják: a fizikai méréselmélet a fizika metafizikai problémája). Mindezek következtében természetesen bővültek és állandóan változtak a természetkutatás, így a fizikai megismerés feladatai és céljai is. Mindezek alapján felvetődik a kérdés: jogosnak ítélhetjük-e Heisenberg következtetéseit? Úgy véljük, hogy nem. Einsteinnel és más természettudósokkal együtt azt a nézetet valljuk, hogy a fizikai (és általában a természettudományos) kutatások alapvető ismeretelméleti célja továbbra is az objektív anyagi realitás feltárása, nevezetesen az atomok és az elemi részecskék, valamint mozgásuk és tér–idő viszonyaik immanens tulajdonságainak és meghatározottságainak megismerése. Tény, hogy egyre nagyobb sikereket érünk el a természet humanizálásában, gyorsan nő a fizika társadalmi szerepe és jelentősége, mindez azonban nem érinti a fizikai realitás természetének alapvető lényegét.

A fizikai megismerés előrehaladása, a természet egyre mélyebb és rejtettebb szféráinak feltárása számos vonatkozásban megváltoztatta a

„kutatási feltételeket", a fizikai megismerés „empirikus alapját", a fizika „konceptuális struktúráját". Mindezek kapcsán vetődik fel *a fizikai realitás természetének* kérdése. Egyet lehet érteni abban, hogy a „fizikai realitás" terminus használata nem szerencsés.[31] Osztható a szerzőnek az a véleménye is, miszerint a fizikai realitás terminust a fizikai megismerés empirikus alapjainak megjelölésére használják.[32] Hozzá kell tennünk, hogy a fizikai realitás ilyen jellegű értelmezése és használata a probléma pozitivista ihletésű megközelítéséről árulkodik. Dislevij tanulmányát olvasva az a benyomásunk, hogy a szerző a fizikai realitásnak a megismerés különböző szituációiban történő megnyilvánulására helyezi a hangsúlyt, s ezzel bizonytalanságot tanúsít a fizikai realitás és az objektív anyagi világ viszonyának értelmezése során. Egyértelműbben és pontosabban fogalmazza meg ezt a viszonyt L. G. Antyipenko, aki a fizikai realitást az objektív valóság alapvető típusaként definiálja: a fizikai realitás – szerinte – az objektív valóság fizika által tanulmányozott aspektusa.[33]

A fizika, a fizikai elmélet, a fizikai világkép egyaránt létező valóságos dolgok, de mint láttuk, ez másodlagos, úgynevezett tükörképlétezés. Ily módon a fizikai realitás természetére vonatkozó kérdés mindenekelőtt azt a problémát foglalja magába, hogy pusztán szubjektív konstrukciók-e a fizikai elméletek, vagy az objektív valóság tükörképei? Az igaz fizikai elméletek objektív realitással bírnak, vagyis az elmélettől függetlenül létező objektív realitás tükörképei. *A fizikai realitás tehát általános természetét tekintve anyagi jellegű, az objektív anyagi valóság alapvető szegmentuma.* Ezzel a fizikai realitás általános ontológiai természetét identifikáltuk. A fizikai realitás – objektív anyagi jellegű. A fizikai realitás az objektív anyagi realitás osztályának azonban csupán egyik alosztálya. A fizikai realitás általános természetét kifejtve azt a közöset emeltük ki, ami az objektív anyagi realitás minden alosztályát jellemzi. Egy adott realitás azonban attól, hogy anyagi, nem feltétlenül fizikai. Megmarad tehát a kérdés: *mivel identifikálható az objektív anyagi realitás fizikai típusának természete?* Lenin szavaival élve ez már az anyag szerkezetére és tulajdonságaira vonatkozó kérdés, ami a szaktudományok tárgykörébe tartozik.[34]

A valóság szerkezetéről alkotott felfogásunkban – írja Einstein – a legnagyobb változást, azóta, hogy Newton megalapította az elméleti fizikát, Faraday-nek és Maxwellnek az elektromágneses jelenségekre vonatkozó kutatásai idézték elő. „Newton rendszere szerint a fizikai valóságot a tér, az idő, az anyagi pont és erő (ez az anyagi pontok közötti kölcsönhatással

egyenlő) fogalmával jellemezzük."[35] A továbbiakban a „folytonos erőtér tehát az elméleti fizika egy speciális területén az anyagi pont mellett a fizikai valóság másik képviselőjeként jelentkezett"[36]. Ez kétféle programot jelentett. A Lorentz-féle elektronelméletben az erőtér és az elektromos töltésű részecskék a valóság megismerésének és a jelenségek interpretációjának egymást feltételező, egyenértékű elemei. „Ezután következett a speciális és általános relativitáselmélet, amely... teljes egészében térelméleti megfontolásokon alapszik... Az elméleti fizika legújabb, igen eredményes alkotása a kvantummechanika, alapelveiben mindkét programtól (ezeket röviden newtoni és maxwelli programnak nevezzük) különbözik."[37] Így jellemzi Einstein a fizikai valóság szerkezetére vonatkozó elképzelések változását.

A tudomány fejlődésének ezek a nagy horderejű eredményei mit sem változtatnak azon a tényen, hogy a fizikai realitás általános ontológiai természetére nézve anyagi. Ezek viszont annál jelentősebben érintették *a fizikai* valóság szerkezetére, így specifikus természetének értelmezésére vonatkozó nézeteinket. Az ezzel összefüggő nehézségek *két aspektusára* kell felhívni a figyelmet.

A tudomány a természet, az anyagi valóság új területeire hatolva új módszerek bevezetésére, új elméleti konstrukciók megalkotására kényszerült. Gyökeresen megváltozott a fizikai elméletek felépítése, struktúrája. A dolgok természetes menete szerint mindez annak a következménye volt, hogy az objektív anyagi valóság új szintjeit, tulajdonságait és relációit ismerték meg, tárták fel. A tudomány fejlődésének gyors sodrában mindez azonban már nem ilyen egyértelmű.

Torzulások mutatkozhatnak az új elméletek felépítésében, de különösen interpretációikban (ezekre már utaltunk mind a kvantummechanika, mind a relativitáselmélet vonatkozásában). Ennek *egyik* legfőbb *oka* – amint erre már Lenin rámutatott – a megismerés, az elvont és a konkrét, az abszolút és a viszonylagos dialektikájának, azaz a *szubjektív dialektika* ismeretének hiánya. A *másik ok* a neopozitivista filozófiák hatására vezethető vissza. Az idealizmus a szubjektív oldal, mégpedig az érzet, a logikai konstrukció felől közelít az objektív valósághoz, de a megismerés alakzatainak, formáinak logikai-szemantikai elemzésénél megrekedve nem jut tovább.

Az elméletek felépítésében, különböző interpretációiban megmutatkozó torzulások („szubjektivizmus", „elkülönítés", „absztraktság") leküzdésének egyik alapvető módszere az elméleti konstrukciók *ontológiai kritikája*. Ez azonban feltételezi *az objektív dialektika* ismeretét és alkal-

mazását. *Torzulások mutatkoznak így az objektív valóság fizikai struktúrájának értelmezésében is.*

Mindezek együttesen odavezetnek, hogy *a fizikai* realitás új formáinak, szintjeinek feltárása számos vargabetűt eredményez, aminek következtében az egyes strukturális elemek és azok viszonyai fejtetőre állnak, *a fizikai* realitás struktúrájának kérdése pedig általános ontológiai természetének hol vulgármaterialista, hol idealista interpretációjával keveredik össze. H. Margenau az „elektron" és a „Ψ-funkció" „konstrukciói" közül az utóbbiaknak tulajdonít fundamentális fizikai realitást.[38] Az általánosan elterjedt neopozitivista interpretációkban a „dolog" helyére az „esemény" (vagy „jelenség") kerül, s ennek kapcsán az okság értelmezése „esemény-esemény" viszonnyá transzformálódik.[39] Így alakul ki azután a fizikai realitásnak az a képe, melyben csak állapotok és viszonyok léteznek. Más esetben a viszonyok szubjektivizálódnak. Ez történik a relativitáselméletben, amikor a viszonylagosságot és a vonatkoztatási rendszert a megfigyelő nézőpontjára vezetjük vissza. „Ezzel kapcsolatos – mint ezt A. D. Alekszandrov írja – a ptolemaioszi és a kopernikuszi rendszer ekvivalenciájával kapcsolatos hibás álláspont."[40] „A vonatkoztatási rendszerek, valamint a tárgyak és a folyamatok megjelenései a vonatkoztatási rendszerekhez való viszonyukban egy cseppet sem kevésbé reálisak."[41] Az általános relativitáselmélet az inhomogén téridő elmélete. Így nem lehetségesek egyenértékű vonatkoztatási rendszerek abban az értelemben, ahogyan az inerciarendszerek egyenértékűek a speciális relativitáselméletben.[42] A lehetőség és a valóság viszonyának értelmezéséből adódó félreértések nemcsak a determinisztikus felfogásban teremtettek zavarokat, hanem az elemi részek létezésének megkérdőjelezéséhez vezettek. „Az atomfolyamatokat vizsgáló kísérletekben – írja Heisenberg – olyan dolgokkal és tényekkel van dolgunk, olyan jelenségekkel, amelyek ugyanolyan valóságosak, mint a mindennapi élet bármelyik jelensége. Az atomok és az elemi részecskék azonban nem ugyanolyan valóságosak. Inkább tendenciák és lehetőségek világát alkotják, mint a dolgokét és tényekét."[43]

A mai elméleti fizikában a fizikai realitás struktúrájára vonatkozó számos kérdés még nyitott. Azonban ez, a fizikai realitás általános ontológiai természetének értelmezése körül a neopozitivizmus által teremtett zűrzavart leszámítva, természetes jelenség. A fizika fokozatosan tárja fel és történetileg közelíti meg tárgyát, objektuma állandóan változik. A tudományos fejlődés egy-egy szakasza az objektív fizikai realitás meghatározott oldalairól, vonatkozásairól ad többé-kevésbé hű, adekvát tükör-

képet. A fizika tárgyának változásával, a fizikai kutatások előrehaladásával és elmélyülésével a megismerés a jelenségtől a lényeg felé halad, melynek során a fizikai realitás struktúrájára vonatkozóan számos új probléma vetődik fel. Ezek megválaszolására újabb hipotézisek, elméletek születnek. A fizikai fogalmak, elméletek, világképek tárgyi igazságának végső kritériuma *a gyakorlat*. Végső soron a gyakorlat dönti el a reális létezés (így például azt, hogy léteznek-e kvarkok), valamint a fizikai létezés mibenlétének problémáját is. Tehát a létezés általános ontológiai, valamint specifikus fizikai természetére vonatkozó kérdések eldöntésének végső kritériuma egyaránt a gyakorlat; ember és természet tárgyi-anyagi kölcsönhatása, az emberiség történelmileg változó össztársadalmi tevékenysége.

JEGYZETEK

[1] *J. Ward:* Naturalism und Agnosticism. I–II. köt. London 1906. Idézi *Lenin:* Materializmus és empiriokriticizmus. (LÖM 18. köt. Kossuth Könyvkiadó 1964. 260. old.)
[2] *A. Rey:* La Théorie de la physique chez les physiciens contempohins. Párizs 1907. Idézi *Lenin:* Ugyanott, 238–240. old.
[3] *Lenin:* Ugyanott, 48. old.
[4] *M. Bunge:* Filoszofija fiziki. Mir, 1975. 88–89. old.
[5] *Lenin:* Id. mű. 293. old.
[6] *A. Einstein:* Válogatott tanulmányok. Gondolat 1719. 167., 305. old.
[7] Ugyanott, 288–289. old.
[8] *L. de Broglie:* Válogatott tanulmányok. Gondolat 1968. 295. old.
[9] *W. Heisenberg:* Válogatott tanulmányok. Gondolat 1967. 37. old.
[10] *A. Einstein:* Id. mű. 305. old.
[11] *W. Heisenberg:* Id. mű. 141. old.
[12] Ugyanott, 84–85. old.
[13] Ugyanott, 197. old.
[14] Ugyanott, 25. old.
[15] *M. Bunge:* Id. mű. 80–81. old.
[16] *A. Einstein:* Id. mű. 98., 250. old.
[17] Ugyanott, 241. old.
[18] *R. A. Aronov:* Prosztransztvo i vremja i prosztransztvovremja. (Problemi isztoriji i metodologiji naucsnava poznanyija.) Moszkva 1974. 275. old.
[19] *A. D. Alekszandrov:* A relativitáselmélet filozófiai tartalma és jelentősége. (A modern természettudomány filozófiai problémái.) Akadémiai Kiadó 1962. 127. old.
[20] *W. Heisenberg:* Id. mű. 149–150. old.
[21] *Lenin:* Id. mű. 262. old.

[22] Ezekkel a szavakkal Marx jellemzi a „Tőke" I. kötetében az úgynevezett árufetisizmust. Az analógia azonban kézenfekvő, ha például arra gondolunk, hogy egyes fizikusok az elektron „szabad akaratáról" beszéltek.

[23] *H. Margenau:* The Nature of Physical Reality. A Philosophy of Modern Physics. New York–Toronto London 1950. 3–5. old.

[24] *Lenin:* Id. mű. 306. old.

[25] LÖM 29. köt. Kossuth Könyvkiadó 1972. 172. old.

[26] Ugyanott, 149., 160. old.

[27] Ugyanott, 172. old.

[28] Ugyanott, 305. old.

[29] *W. Heisenberg:* Id. mű. 25–26. old.

[30] Ugyanott, 38., 33. old.

[31] *P. Sz. Dislevij:* O fundamentalnih ponyatyijah i principah szovremennoj fiziki. (Problemi isztoriji i metodologiji naucsnava poznanyija.) Moszkva 1974. 264. old.

[32] Ugyanott, 263. old.

[33] *L. G. Antyipenko:* Problema fizicseszkoj realnosztyi. Moszkva 1973. 8–10. old.

[34] LÖM 18. köt. Kossuth Könyvkiadó 1964. 244. old.

[35] *A. Einstein:* Id. mű. 235. old.

[36] Ugyanott, 237. old.

[37] Ugyanott, 238. old.

[38] *H. Margenau:* Id. mű. 453. old.

[39] Ezt az értelmezést L. G. Antyipenko idézett könyvében (A fizikai realitás problémája) alapos kritikai elemzésnek veti alá, és a „dolog-tulajdonság-viszony" létstruktúra alapján oldja meg a felvetődő problémákat.

[40] *A. D. Alekszandrov:* Id. mű. 170. old.

[41] Ugyanott, 126. old.

[42] Ugyanott, 171. old.

[43] *W. Heisenberg:* Id. mű. 197. old.

ROPOLYI LÁSZLÓ

A folyamat fogalmának szaktudományos és filozófiai értelmezése

Úgy tűnhet, mi sem könnyebb, mint összegyűjteni és megvizsgálni néhány természettudományos folyamat-fogalom értelmezését. A feladatot a vizsgálat sajátos szempontja teheti érdekessé: szeretnénk a bemutatott fogalmak elemzése során feltárni a bennük rejlő (várhatóan eltérő) filozófiai tartalmakat. Ezzel a célkitűzéssel egyben meg is nehezítettük dolgunkat, hiszen a szaktudományok és a filozófia viszonya ugyan általánosan tisztázott, de a konkrét fogalmak szintjén még napjainkban is számos félreértés, tévedés figyelhető meg. Annak reményében látunk munkához, hogy a gyakori hibák többségét sikerül elkerülnünk.

A szaktudományok egyik feladata a konkrét tapasztalatok feldolgozása, a megfigyelt egyedi, konkrét jelenségekből olyan elemek általánosítása és absztrahálása, melyek segítségével olyan fogalmakhoz jutnak el, melyek alkalmasak lesznek az adott tudomány tárgykörébe eső tapasztalatok értelmezésére. Az a valóság minden területén tapasztalható tény, hogy a valóság objektumai, s a közöttük levő viszonyok nem tekinthetők állandónak, mert ezek átalakulnak, változnak, számtalan formában nyert megfogalmazást. Bármennyire is csábító, nem vállalkozhatunk e kérdés történeti és elméleti áttekintésére, csupán néhány konkrét eset tanulmányozására szorítkozunk.

A valóság objektumai és viszonyai változásainak közvetlen megfigyelésével kapott tapasztalati tények egy bizonyos szinten megrekedve rendezetlenek, kaotikusak. Így például, ha a lejtőn lefelé guruló golyónak vagy a toronyból leejtett kőnek a mozgását figyeljük meg, a helyzetváltozásról kezdetben csupán valamilyen „elképzelésünk" lesz, bár ez a részletekre kiterjedve a jelenség egészét ragadja meg. Ez a kezdeti megfigyelés a jelenséget mindenoldalúan írja le, de az egyes mozzanatokat nem juttatja a jelentőségüknek megfelelő szerephez, és a megfigyelés tárgyát képező változás lényeges jegyeit nem emeli ki. Ezzel szemben a megfigyelés kezdetben a gyakorlati szempontból különböző jelentőségű

összetevőkre; az azonos időközökben megtett út nagyságára, a lejtő hajlásszögére, a golyó tömegére terjed ki. Ezek megfigyelése elegendő ahhoz, hogy a jelenséget a hétköznapi gyakorlatba illeszthessük be. Ez azonban még csak a felszín, a jelenség (gyakran a látszat) világa. Ez a „teljesség" még csupán extenzív totalitás, noha ez képezi a további tudományos kutatás egyedül lehetséges kiindulópontját. A továbbhaladás érdekében már „bevetésre" kerülnek a tudomány különféle módszerei; a különböző változások összehasonlítása révén elkülönülnek egymástól a közös elemek. Az általánosítás és elhatárolás, valamint az elvonatkoztatás és konkretizálás kölcsönhatásának megfelelően e differenciálatlan egységet képező elképzelésből az elvontság magasabb szintjét képviselő néhány olyan *fogalom* alakul ki (sebesség, gyorsulás stb.), melyek alkalmasak a változások, a mozgások jellemzésére. Meg kell jegyezni, hogy az elvont fogalmak kialakulásának az elvonatkoztatás és általánosítás mellett további fontos feltétele, hogy az elhatárolás és a konkretizálás révén megváltoztassuk gyakorlati tevékenységünket is: megfigyelések helyett kísérletezzünk.

A tudományos tevékenység a fogalomalkotás és tapasztalat ilyen jellegű szétválásával természetesen nem ér véget: megkezdődik az ismeret konkretizálása. Ennek során a kezdeti kaotikus, differenciálatlan egységet a fogalmilag átértelmezett és elrendezett, a lényeg gazdagságát feltáró intenzív totalitás váltja fel. A konkrét *empirikus* ismeret helyébe tehát a konkrét *lényegi* ismerete lép, vagyis a konkrét mozgások és változások megfigyelését a konkrét általánosként, totalitásként, a sokféleség egységeként érvényre jutó jelenségnek a tanulmányozása – a *folyamat* megismerése követi. Így a folyamat a megismert és a fogalmilag újraalkotott konkrét mozgásként, a valóságos mozgás megjelenésének minden gazdagságával, mindenoldalúan megragadva, ugyanakkor a lényeges mozzanatokat kiemelve áll előttünk. A kérdés ennek megfelelően így módosul: az egyes szaktudományok folyamat-fogalmai ezen általános természetük *mellett* milyen speciális tartalmat rejtenek? Milyen módon és mélyen tükrözik a valóság adott „szegmentumának" objektív természetét, valóságos mozgását? Ezt a problémát szeretnénk megvizsgálni a fizika néhány területén (mindenekelőtt a termodinamikában és a statisztikus fizikában), egyes kémiai diszciplínákban (például a reakciókinetikában), továbbá nagy vonalakban a biológiában, valamint néhány módszer áttekintésével a matematikában. (Fejtegetéseink során az egyes fogalmak szaktudományos értelmükben szerepelnek, hacsak ki nem emeljük attól való eltérésüket.)

A **fizika** egyes területein némileg eltérő folyamatértelmezésekkel találkozunk. Már a *makroszkopikus* fizikai objektumok és viszonyaik *makroszkopikus* leírása is több problémát vet fel. A klasszikus mechanika, az elektrosztatika, a termosztatika *objektumai* változatlan, állandó természettel bírnak, nincs valódi történetük. Ezen diszciplínák *folyamatai* kizárólag e változatlan objektumok viszonyainak változását, mozgását írják le. Egy tömegpont, pontrendszer, merev test, ideális folyadék vagy ideális gáz, elektromos töltés mint objektum ugyanis oly mértékben elvonatkoztatott és idealizált, hogy annak változásáról nem beszélhetünk. Emiatt a szóba jöhető változások eme objektumok számára szükségképpen *külsők* lesznek, vagyis az egyébként is változhatatlannak vélt belső természetükig nem tudnak behatolni. Ezeknek az objektumoknak nincsenek belső szabadsági fokaik, nincs belső szerkezetük, nem „önmozgók", egy folyamatban csak egymáshoz viszonyított helyzetük, sebességük, nagyságuk stb. változik meg. A folyamat hajtóereje és oka: a dolog számára lényegében külsőként, zavarként ható erő, elektromos potenciál, inhomogenitás stb. Ebben az értelemben minden folyamat „abszolút" determinált, elég ismerni a (külsőként megjelenő) kölcsönhatások adott pillanatbeli mértékét, ugyanis ebben az esetben a természettudományos törvények egyértelműen meghatározzák a folyamat menetét. A folyamatok tere és ideje háttérként, színpadként szerepel csupán, így például a jellemzésükre használt tér- és időváltozók az egyenletekben önkényesen választható paraméterek.

Bár a fenti megközelítésnek számos előnye van (így például az, hogy könnyen formalizálható), az ilyen leírás objektumainak és folyamatainak csak igen korlátozott az érvényessége. Kiderül például, hogy a reális folyadékok vagy gázok, egyáltalán a kevésbé idealizált objektumok és viszonyaik változásai, túlmutatnak a fenti egyszerűsítéseken. Ezeket a változásokat, mozgásokat csak akkor lehet megérteni, ha figyelembe vesszük, hogy egy dolog, objektum nemcsak van, de volt is és lesz is; nemcsak most, de korábban és a későbbiekben is ki van téve hatásoknak (helyesebben, kölcsönhatásoknak). Ez azt jelenti, hogy nemcsak a megvalósult jelenségeket és azok logikáját, hanem a jelenségek történetét is tanulmányoznunk kell. Ilyen feladat megoldására kényszerül, aki a hullámterjedés folyamatát, reális hidrodinamikai vagy termodinamikai, vagy akár valamilyen hiszterézis jelenséget akar tanulmányozni. Az ezekhez a mozgásokhoz kapcsolódó folyamat fogalma szükségképpen eltér az

iménti mozgások folyamat-fogalmától: a folyamat a dolog számára idegenből, külsőből különböző mértékben, de egyre inkább hozzá tartozó, *belső* lesz. Egyre többet tartalmaz és fejez ki a dolog objektív természetéből, lényegéből.

Kézenfekvő példaként hozható a termodinamika esete. A klasszikus (egyensúlyi) termodinamika a fejlődés során eljutott a korábban általános szempontok alapján jelzett állapotba: kialakult a termodinamika *sztatikus* elmélete[1], a folyamat a termodinamikai rendszer számára teljesen idegenné vált, gyakorlatilag eltűnt. Az utóbbi tizenöt-húsz évben a termodinamika belső fejlődése, valamint kontinuumfizikai alkalmazásának következményeként kialakult a racionális termodinamika.[2] Ennek egyik célja éppen a reális mozgások, változások leírása, s így szükségképpen kialakított egy új folyamat-fogalmat. Tanulságos a termodinamika e két fejlődési fázisának vázlatos összehasonlítása:[3]

Probléma	Klasszikus-sztatikus értelmezése	Racionális-dinamikus értelmezése
Egyensúly	Alapfogalom	Aszimptotikus állapot
Folyamat	Egyensúlyi állapotok közti átmenet; extrém lassú (kvázi-sztatikusság); iránya érdektelen	Alapfogalom; ugyanolyan gyors, mint a valóságban; irreverzibilis
A folyamat az objektum számára	Külső	Belső
Idő	Nincs szerepe	Van szerepe

A racionális termodinamika folyamat-fogalma erősen kötődik objektumához: egyrészt alapfogalom, azaz az objektum szükségképpen változik (bár a változás még lehet számára pusztán külső is), másrészt e folyamat-fogalom tartalmazza a dolog *történetét* is, s ezáltal a változás, a mozgás részben belsővé válik. Ez az eljárás, ahogyan a folyamat fogalma egyesíti a történeti és a logikai leírás eszközeit, filozófiai szempontból jelentős. Ugyanez a módszer alkalmazható az említett diszciplínák esetében, így a mechanikában, az elektrodinamikában[4], és persze számos más tudományterületen is.

A *makroszkopikus* fizikai objektumok *mikroszkopikus* szemléletű leírására elterjedt példa: a statisztikus fizika esete. Itt mindenekelőtt a leírás komplexitása, a szabadsági fokok és koordináták hatalmas száma figyelemre méltó. Ez még önmagában lényegesen új szempontokkal nem gazdagítja a folyamat fogalmát. A probléma mégis rendkívül izgalmassá válik, ugyanis a nagy számú, egymástól független koordinátát fáradságos és reménytelen feladat lenne kezelni. Emiatt próbálnak meg *kapcsolatot* létesíteni a makro- és mikrofizikai leírás között. Az ennek megvalósítása érdekében kidolgozott különböző megoldások számos érdekes és fontos kérdést vetnek fel: a mikro- és makrofizikai folyamatok egymáshoz való viszonyát, a statisztikus átlagolás hatását a folyamatok egyes paramétereire, az irreverzibilitás és a fluktuációk származtatását stb. Filozófiai jelentőségű maga az a tény, hogy egy makroszkopikus fizikai folyamat mint folyamat több szintű, és más folyamatok kölcsönhatásának eredménye. E kölcsönhatás részleteinek megértésére többféle próbálkozás történt. Kézenfekvő, hogy a nagyszámú mikrofizikai változót csak abban az esetben lehet kapcsolatba hozni a kevés számú makrofizikai változóval, ha sok mikrofizikai változót elhagyunk, illetve valamilyen módon átlagolunk, egybeolvasztunk. A klasszikus statisztikus fizika szokásos átlagolási eljárásai segítségével a makro- és mikroállapotok között kapcsolat létesíthető, de a makro- és mikrofolyamatok természetéről igen keveset tudunk meg. (Itt, persze már mikroszkopikus szinten, ismét felbukkannak az egyensúlyi leírás korlátai, változás-idegensége.)

A nem-egyensúlyi statisztikus fizika, illetve a megfelelő makroszkopikus diszciplínák kapcsolata két lényeges dologra hívja fel a figyelmet: az irreverzibilitás és a fluktuáció problémájára.

A makroszkopikus test makroszkopikus folyamatai irreverzibilitásának és mikroszkopikus folyamatai reverzibilitásának ellentéte közismert. Így például egy edénybe zárt gázban zajló folyamatok (keveredés, tágulás stb.) irreverzibilisnek mutatkoznak annak ellenére, hogy a gázt alkotó molekulák folyamatai (ütközések) reverzibilisek. Hogyan lesz a reverzibilis folyamatok együttese irreverzibilis folyamattá? E fizikai probléma tanulmányozása több típusú fizikai elmélet létrejöttéhez vezetett. Némelyek a speciális kezdeti feltételekben vélték az okot fellelni,[5] mások ezt a makrováltozók definíciójának jellegével hozták összefüggésbe.[6] A probléma megnyugtató fizikai megoldásáig a jelenlegi filozófiai vizsgálódás számára fontos eredmény a makroszkopikus folyamatok irreverzibilitásának felismerése. Ugyanakkor filozófiai nézőpontból is felvetődik a kérdés: vajon a mikrofolyamatok kismértékben nem irreverzibilisek-e,

amit a jelenlegi elméletben nem kell, illetve nem tudunk figyelembe venni?

A fluktuáció jelensége, a fluktuáló folyamat bizonyos szempontból az irreverzibilis folyamat ellentéte, ami viszont ugyancsak a különböző szintű elméletek egymásrahatása során nyeri el igazi jelentőségét. A fluktuáció–disszipáció tétel segítségével ugyanis kapcsolatot lehet találni a mikroszkopikus és makroszkopikus, egyensúlyi és nem-egyensúlyi folyamatok között.[7] Ez utóbbi megállapítás az egyensúlyinak és nem-egyensúlyinak tekintett folyamatok közös eredetére, azonos vagy valamennyire hasonló struktúrájára utal. Ez utóbbi az objektum belső ellentmondásaira és ezek – eltérő külső körülmények esetén is – nagymértékben hasonló megoldására vezethető vissza.

A nagy szabadsági fokkal rendelkező rendszerek folyamatainak leírásában újabban a *sztochasztikus* megközelítést is alkalmazzák.[8] Ez az eljárás a sokváltozójú rendszert úgy teszi kezelhetővé, hogy néhány kiválasztott változót megtart, a többit pedig egy közös háttérbe, egy sztochasztikus folyamatba olvasztja be. A módszernek akkor van igazán létjogosultsága, ha a rendszer szabadsági fokai nem „egyenrangúak" egymással, így például akkor, ha néhány lassú mozgás mellett a többség gyors mozgást reprezentál. Ebben az esetben jogosan tekinthetjük a gyorsakat fluktuáló háttérnek. Mivel a sztochasztikus fizika számos területen (fázisátalakulások, részecske-, mag-, reaktor-, biofizika) eredményesen alkalmazható, úgy tűnik, hogy a valóságos rendszerekben az egyes meghatározottságok ténylegesen nem egyformán fontosak és lényegesek, nem egyenlő mértékben erősek, hiszen a rendszer részei közti kölcsönhatások eltérő erőssége és eltérő jellege stb., vezet a fenti szétváláshoz. Ez a megállapítás filozófiailag is értelmezhető. A vizsgált rendszer mozgásai közül kiválaszthatóak, sőt kiválasztódnak a rendszert fenntartó, erősebb, lényegi kölcsönhatások és így a folyamatok mint a meghatározott mozgások lényegi és esetleges elemeiből kialakított totalitások szemlélhetők. Figyelemre méltóak továbbá a sztochasztikus leírásban megjelenő, egymástól szétváló időskálák. (Néha a térváltozók esetében is hasonló jelenség figyelhető meg.) A különböző karakterisztikus idők fellépése ebben az esetben is hangsúlyozza a folyamatok és a tér–idő szoros kapcsolatát.

A jelenleg vizsgált problematikához szorosan kapcsolódik a *szinergetika*[9] – a fázisátalakulások és fázisátalakulás-szerű folyamatok tudománya. Az eddigiekre, vagyis a termodinamika, a statisztikus- és a sztochasztikus fizika folyamat-fogalmára azonban közvetlenül nincs hatással,

hiszen ezek fogalmaival dolgozik. Ami miatt azonban mégis érdemes említeni, az alkalmazásának hihetetlenül széles spektruma.[10] A kémiai reakcióktól kezdve, az alagútdiódákon és a lézeren át a szociológiai modellekig ugyanis a valóság majd minden területén felismerik a fázisátalakulás-szerű jelenségek létét és folyamataik leírására a szinergetika által összegyűjtött módszereket alkalmazzák. A szinergetika folyamat-fogalma tehát a fentebb felsorolt tudományok folyamat-fogalmaiból kialakított szerencsés keveréknek, helyesebben talán, együttesnek tekinthető. Újabban a katasztrófaelmélet szinergetikai alkalmazása is megfigyelhető. Lehetséges, hogy mindezen tudományok együttműködéséből hamarosan a bonyolult rendszerek mozgásainak eddigi elméleteit lényegesen meghaladó, az egységes és strukturált totalitásként előálló folyamat megragadására képes tudományos módszer kerekedik ki.

A *mikrofizikai* objektumok *mikroszkopikus* és *makroszkopikus* változókkal történő leírására áttérve azt kell észrevennünk, hogy lényegében a korábban tárgyaltakkal azonos jellegű problémákkal találkozunk itt is. Az igazán érdekes kérdések ebben az esetben is a szintek egymáshoz való viszonyának vonatkozásában vetődnek fel: a határozatlansági relációk jellege, a komplementaritás és a hullámcsomag szétterülése. Ezeknek a kérdéseknek igen nagy a nemzetközi és a hazai szakirodalma, ezért csupán arra hívjuk fel a figyelmet, ami közös vonásokat mutat az eddig tárgyaltakkal. Ki kell emelnünk, hogy mikro- és makroobjektumok leírása során az objektumok mikroszkopikus és makroszkopikus szemlélete egyaránt érvényesül. Éppen ezért, amikor a különböző szemléletre alapozott folyamat-fogalmakat akarjuk összevetni, azt tapasztaljuk, hogy bár ez lehetséges, de a modern fizikában elterjedt módszerek alkalmazása során súlyos, esetenként még ma is megoldatlan nehézségekbe ütközünk. A mikro- és makroszintek közötti „közlekedés" ebben az esetben is összekapcsolódni látszik az egyensúly, nem-egyensúly közötti átmenettel, aminek jellemzésében a statisztikának van lényeges szerepe.

II

A **kémiá**ban a reakciókinetika egy olyan részterületet képvisel, melyet érdemesnek látszik kiválasztani a folyamat értelmezések vizsgálata kapcsán. Első megközelítésben osszuk fel a *reakciókinetikát* két részre; for-

málisra és nem-formálisra. A formális reakciókinetika (a klasszikus mechanikához hasonlóan) objektumait, vagyis egy összetett kémiai reakciórendszer komponenseit oly mértékben idealizálja, hogy mozgásuk „egydimenziós": csak mennyiségük (molekulaszámuk) változik. Így az összetett kémiai reakciórendszer folyamatai egyszerű mennyiségi változásokra vezethetők vissza, melyeket ugyancsak egyszerű törvényszerűségek (például a tömeghatás törvénye) segítségével tanulmányozhatunk. Ám ha elegendő számú komponens van jelen, s a feltételek magasabb rendű reakciók lejátszódását is lehetővé teszik, a körülmények kis megváltozására az addig „simán" viselkedő rendszer úgynevezett egzotikus jelenségeket (így például oszcillációt) produkál. Ezek a szituációk az objektumok és viszonyaik egyszerűségének, valamint folyamataik bonyolultságának sajátos ellentétét világítják meg. A formális reakciókinetika további érdekes tulajdonságokkal is rendelkezik. Megadható folyamatainak determinisztikus (nem filozófiai értelemben!) és sztochasztikus modellje is.[11] A kémiai reakció objektíve kétségtelenül sztochasztikus jellegű, emiatt sztochasztikus modellje adekvátabb. Ez a determinisztikus modellt csak speciális eseteként tartalmazta. Ez az értelmezés nem jelenti a véletlen szerepének eltúlzását, hiszen a determinizmust nem szabad közvetlenül azonosítani a szükségszerűséggel, a sztochasztikust pedig a véletlennel. Itt inkább arról van szó, hogy a kémiai reakció folyamatában véletleneken (molekuláris ütközések) keresztül jut érvényre a szükségszerűség (például az oxidáció). Ha ennek a folyamatnak minden részletét (sztochasztikus módon) követjük nyomon, akkor a determinisztikus leírás által szolgáltatott átlagértéken kívül is rendelkezünk adatokkal (momentumok). A nem-formális reakciókinetika (például a reális folyadékokhoz hasonlóan) objektumát gazdagabbnak, belső szerkezettel, több szabadsági fokkal rendelkezőnek ismeri meg, és így folyamatai is „belsőbbek" lesznek.

Ez a belsővé válás fokozott mértékben jelentkezik és megfigyelhető bizonyos kolloid anyagoknál, így például a polimerek esetében.[12] Ezek az anyagok jó „memóriával" rendelkeznek, vagyis az őket ért hatásokra „emlékeznek", azokra időben elnyújtva válaszolnak. Folyamataik egy korábbi (véges) időtartam alatt folytonosan felhalmozódott és a pillanatnyi hatások együttesének eredményei. Ebben a vonatkozásban a jelenség története (végső soron a polimereket ért hatások története) kívánkozik kiemelésre, különösen azért, mert a bonyolultabb szervezettségű anyagfajtákban ez a jelenség még kifejezettebb, még nagyobb jelentőségű lesz.

III

Így például a **biológiai** objektumokban a történet jelentősége odáig nőtt, hogy olyan molekulák, sejtek és szervek alakultak ki, melyek fő funkciójává vált az emlékezés, az őket ért hatások megőrzése, aktivizálása, az információ tárolása és kezelése (DNS, idegrendszer, immunrendszer, különféle receptorok, enzimek stb.). A „tisztán" biológiai eredetű folyamatfogalmak kifejezőek, megpróbálják dialektikusan megragadni az egyre fontosabbá váló külső-belső viszonyt. (Gondoljunk a fejlődés, növekedés, anyagcsere fogalmaira.) Más a helyzet azokkal a folyamattípusokkal, amelyek a biofizika, biokémia, biomatematika közvetítésével kerültek be a biológiába. Ezek magukkal hozták „jó és rossz természetüket". A biológiai folyamatokban a komplexitás tűnik a leglényegesebbnek. Egy biológiai folyamat ugyanis mint sok részfolyamat finoman felépített, sokoldalúan szabályozott együttese áll előttünk. A mechanika egyszerű objektumainak egyszerű folyamatai, a termodinamika bonyolult objektumainak egyszerű folyamatai és a formális reakciókinetika egyszerű objektumainak bonyolult folyamatai után eljutottunk a bonyolult objektumok bonyolult folyamataihoz – az élő anyag mozgásához, a folyamatok folyamatához. Ezen a szinten sem fejeződik be azonban a folyamat szerveződése és ennek megfelelően megismerése sem. A társadalom vizsgálata ugyanis ennek újabb aspektusait tárja fel.

IV

Végezetül még a **matematikának** a folyamatok megismerésében betöltött szerepéről szeretnénk szólni. A különböző matematikai diszciplínák (analízis, differenciálgeometria, valószínűségszámítás, katasztrófaelmélet, automataelmélet stb.) a szaktudományok által tanulmányozott folyamatok egzakt leírásának számos eszközét hozták létre. Már Engels megállapította, hogy a „differenciálszámítás teszi csak lehetővé a természettudomány számára, hogy *folyamatokat*, s ne csak *állapotokat*, matematikailag ábrázolhasson: mozgást"[13]. Ebben a vonatkozásban egy újabb probléma merülhet fel: számos tudományterületen találkozunk differenciálegyenletekkel, vajon ezek folyamatokat írnak-e le? Igen, azokat – legalábbis a

szó matematikai értelmében. Más megfogalmazásban ez azt jelenti, hogy a matematika sajátos szerepének és feladatának megfelelően kialakított fogalmaival megragadott változás és mozgás önmagában is értelmezhető, tehát beszélhetünk a matematika egyes területeinek folyamat-fogalmairól. Külön probléma azonban egy adott szaktudomány és a matematika folyamat-fogalmának az egymáshoz való viszonya, így például az ugyanabban a differenciálegyenletben szereplő matematikai, fizikai és kémiai folyamat-fogalom nem azonos mértékben absztrahált, sőt más természetű is lehet.

Az egyes matematikai területek objektumai különböző absztrakciós szintnek felelnek meg. Így például lényeges különbséget jelent, hogy objektumaink R^n-beli vagy Banach térbeli elemek, s hogy az objektumok közötti leképezések mint a folyamatok absztrakt megfelelői, függvények avagy funkcionálok. A klasszikus analízis fogalmi apparátusáról a modernre való áttérés – a folyamat értelmezésének vonatkozásában is – *lehetővé* teszi a „belsőbb" folyamatok leírását (ez a helyzet állt elő például a racionális termodinamikában). Az analízis folyamat-fogalma azonban mindkét esetben az elvontság ugyanazon szintjének felel meg, legfeljebb a gyakorlatban jelent újat a differenciálgeometria fogalmainak alkalmazása.[14] Lényegesen eltér ezektől a valószínűségszámítás szemlélete és megközelítése. A sztochasztikus folyamatok elméletében már az alaptípusok kiválasztásakor törekednek az események objektíven különböző meghatározottságainak és a meghatározottságok típusainak figyelembevételére. Így alakíthatók ki az úgynevezett független, Gauss, Markov stb. folyamatok fogalmai.[15] Filozófiai szempontból a következő szemlélet figyelemre méltó: a folyamat egyes szakaszai közötti kapcsolat a teljes függetlenségtől a bonyolult, de formalizálható kölcsönhatásokig sokféle lehet.

Végül röviden szólnunk kell az ugyancsak a folyamatok leírását célzó új diszciplína, a katasztrófaelmélet helyzetéről. Ez az elmélet (a korábban tárgyalt szinergetikához hasonlóan) felhasználja, illetve egyesíti a különféle matematikai folyamat-fogalmakat (az analízisét, továbbá a topológiai, a differenciálgeometriai és a sztochasztikus folyamat-fogalmak egyes elemeit), és mint egy új fogalmi együttes áll előttünk, ami új vonásokkal is rendelkezik.[16] Ez az összetettség ebben az esetben is a széles körű alkalmazás során kamatozik. Ahogyan a szinergetikáról feltételezhető, hogy alkalmassá válhat bonyolult rendszerek folyamatainak egyetemes leírására, a katasztrófaelmélet a természettudományos leírás egyetemes eszközének szerepét töltheti be a jövőben.

Összefoglalóan tehát azt állapíthatjuk meg, hogy a természettudományok folyamat-fogalmai olyan filozófiai vonatkozásokat rejtenek magukban, melyek felismerése és kiemelése a filozófia folyamat-fogalmának kialakítását alapozhatja és könnyítheti meg.

JEGYZETEK

[1] E történeti fejlődésről lásd például: *G. Astarita:* Historical and Philosophical Background of Thermodynamics. Ind. Eng. Chem. Fundam., 1977. 16. vol., 138–143. old.; *C. Truesdell:* The Tragicomedy of Classical Thermodynamics. Udine 1971.

[2] *C. A. Truesdell:* Rational Thermodynamics. New York 1969.; W. Noll, B. D. Coleman, M. E. Gurtin, W. O. Williams, W. A. Day, V. J. Mizel, C. C. Wang és mások munkái, főként az „Archive for Rational Mechanics and Analysis" c. folyóiratban.

[3] Itt nagyrészt egy korábbi tanulmányom gondolatmenetét követem: *Ropolyi L.:* Folyamatok a racionális termodinamikában. Acta Philosophica, 1978. Tom. 5. 125–135. old.

[4] *C. A. Truesdell:* Six Lectures on Modern Natural Philosophy. New York 1966.

[5] *Vicsek T. Geszti T.-Demendy Z.:* A makroszkopikus fizikai rendszerek egyirányú mozgásáról. Acta Philosophica, 1978. Tom. 5. 111–123. old.

[6] *P. Caldirola–L. A. Lugiato:* Irreversibility in Physics. Lincei-Memorie Sc. fisiche, 1977. XIV. vol. II. sez. 227–257. old.

[7] *R. Kubo-H. Ichimura-T. Usui-N. Hashitsume:* Statisztikus mechanika példákkal és feladatokkal. Műszaki Kiadó 1976. 460. old.; *Tóth J.-Érdi P.:* A kémiai reakciókinetika fluktuáció-disszipáció tételéről. (I. Elméleti megjegyzések.) Magyar Kémiai Folyóirat, 1977. 83. évf. 47–49. old.

[8] *Szépfalusy P.:* Bevezető előadás. Sztochasztikus folyamatok. (Őszi Iskola, Mátrafüred, 1977. nov. 14–18.)

[9] *H. Haken (ed.).:* Synergetics. Stuttgart 1973.; *H. Haken:* Synergetics. An Introduction. Springer, 1977.

[10] Lásd: *H. Haken* (ed.): Collective Phenomena, 1975. 1. évf.; *H. Haken:* Az önszervező struktúrák elmélete. Fizikai Szemle, 1977. 27. évf. 4. sz. 132–139. old., továbbá az előző jegyzetben is említett munkák.

[11] *Tóth J.-Érdi P.:* A formális reakciókinetika modelljei, problémái és alkalmazásai. (in: A kémia újabb eredményei. 41. Akadémiai Kiadó 1978. 227–350. old.)

[12] *G. Astarita:* An Introduction to Non-Linear Continuum Thermodynamics. Milano 1975.

[13] *Engels:* A természet dialektikája. (MEM 20. köt.) Budapest 1963. 538. old.

[14] Lásd például: *H. Flanders:* Differential Forms with Applications to the Physical Sciences. New York 1963.; *R. Abraham:* Foundations of Mechanics. New York 1967.; *G. F. Oster–A. S. Perelson:* Chemical Reaction Dynamics. Arch. Ratl. Mech. Anal., 1974. 55. vol. 230–274. old.

[15] *Arató M.:* Bevezetés a sztochasztikus folyamatok elméletébe. Budapest 1968.;. *I. I. Gihman-A. V. Szkorohod:* Bevezetés a sztochasztikus folyamatok elméletébe. Műszaki Kiadó 1975.

[16] *R. Thom:* Structural Stability and Morphogenesis. Benjamin, Reading, 1975.; *Farkas M.:* Folyamatok kvalitatív vizsgálatáról. Alkalmazott Matematikai Lapok, 1976. 2. évf. 237-257. old.

RÉDEI MIKLÓS

A mérés helye a fizikai elméletben

I

A klasszikus fizikát a mérés és a kísérlet szempontjából nagy általánosságban egy követelmény és egy feltételezés jellemezte: megkövetelték, hogy a fizikai elmélet ténylegesen elvégezhető és ellenőrizhető kísérleteken és méréseken alapuljon. Feltételezték továbbá, hogy ez a követelmény minden különösebb nehézség nélkül teljesíthető.

Komolyabb problémák akkor jelentkeztek, amikor a fizikai megismerés olyan területekre hatolt be, ahol a fenti követelmény következetes érvényesítése a klasszikus fizika tapasztalataival ellentétes eredményeket produkált. A klasszikus fizika alapjául szolgáló tapasztalatok a mindennapi élettel összeegyeztethetőek voltak. A helyzet akkor vált súlyossá, amikor a „századunk első felében kibontakozó természettudományos forradalom során a »tudatos tudás« utoléri, sőt elhagyja az idegrendszer ösztönös tudását"[1], s ezért az új tapasztalatok a „képtelenségig" eltértek a régiektől. A fizika új tudományágai kialakulásának különösen a kezdeti időszakában ezt még tetézték a szükségszerűen jelenlevő fogalmi tisztázatlanságok, pontatlanságok. Ilyen körülmények között újra ki kellett mondani és tudatosítani: a mérés, a megfigyelés, a kísérlet, valamint az ezek eredményeire történő hivatkozás nem nélkülözhető a fizika újabb elméleteiben, bármennyire ellentétesek legyenek is az így kapott eredmények a klasszikus szemlélettel. Ez így is történt, aminek illusztrálására két példát idézünk. Az egyik a kvantummechanika, a másik a relativitáselmélet szempontjából fogalmazza meg a méréshez való ragaszkodás követelményét:

„A dolgok ilyen állása mellett tanácsosabbnak látszik reményünket az eddig meg nem figyelt mennyiségek megfigyelésére teljesen feladni... és kísérletet tenni egy, a klasszikus mechanikával analóg kvantumelméleti mechanika kiépítésére, melyben csak megfigyelhető mennyiségek között fennálló összefüggések fordulnak elő."[2]

„Valamely fogalom a fizikus számára csak akkor létezik, ha megvan

annak lehetősége, hogy adott esetben megállapíthassuk, vajon helyes-e a fogalom vagy sem. Tehát az egyidejűségnek olyan definíciója szükséges, hogy vele egyszersmind módszer birtokába jussunk, amellyel a jelen esetben kísérletileg dönthessük el, vajon a két villámcsapás egyidejűleg történt-e vagy sem."[3]

Ebben az esetben nem az a fontos, hogy az idézett kijelentések milyen mértékben fakadnak pozitivista filozófiai nézetekből, illetve hogy ténylegesen milyen pozitivista interpretáció lehetőségét hordják magukban, hiszen természetes, hogy korszakváltás idején a fizikában kedvező helyzet alakul ki a pozitivizmus számára. Ebben a szituációban – és ez volt a helyzet a századforduló fizikájában – a mérések, kísérletek szerepe egészen más, mint a tudományos kutatás olyan szakaszaiban, amikor egy fogalmi keretben már kialakult, újonnan felfedezett, ellenőrzött és a gyakorlatban bevált fizikai elmélet segítségével, az eljárások „puszta" alkalmazásával különböző jelenségek leírása a cél.[4] A fizika új tudományágai a méréseket nem egy már meglevő elmélet keretein belül interpretálják, hanem ezeket veszik alapul. Ezáltal döntő jelentőségűvé válik a kísérleti eredményekre való alapozás módja, amihez szaktudományos szempontból – a helyzetből adódóan – csak nagyon kis mértékben járulhat hozzá a meghaladandó elmélet. A tudományon kívül eső szempontok jelentősége tehát megnő. Jól jellemzi Planck ezt a helyzetet, amikor így ír: „olyan korszakokban, amelyekben a fizikai világkép stabilisabb jelleget mutat, inkább a metafizikus irányzat jut érvényre: azt hisszük, hogy a reális világ megragadásához már aránylag közel vagyunk. Más, változó korszakokban viszont, mint amilyenben most élünk, a pozitivizmus lép előtérbe, mert ilyenkor a lelkiismeretes kutatók jobban hajlanak afelé, hogy az egyetlen szilárd kiindulási ponthoz, az érzéki világ folyamataihoz kapcsolódjanak."[5]

Az új elméletek felépítésében tehát a mérés kitüntetett szerepet játszik.

Közismert, hogy különösen a kvantummechanika esetében a mérés beillesztése és szerepe az elméletben igen sok problémát jelentett, és még a hetvenes években is jelentek meg cikkek, dolgozatok, melyek ezzel a kérdéssel foglalkoztak.[6] Az alábbiakban azt vizsgáljuk meg, hogy a mérés problematikája a kvantummechanika egy bizonyos területén[7] hogyan oldódott meg (II), majd kísérletet teszünk néhány általánosabb érvényű következtetés levonására (III). Ez utóbbira az ad lehetőséget, hogy a kvantummechanika a zárt és egzakt fizikai elméletek egyik prototípusa, s így tiszta, kiforrott formában magába foglalja a méréssel összefüggő problémákat. A „zárt és egzakt" megjelölés az „axiomatikus" helyett áll – amit

a matematikai elméletek jellemzésére tartunk fenn –, és az alábbiakat jelenti:

— alapfogalmakkal, alapfeltevésekkel rendelkezik, amelyeket csak körülírni, magyarázni tud, definiálni nem

— érvényességi köre, határai tisztázottak, az elméletben alkalmazott matematikai modellek (konstrukciók, műveletek, struktúrák stb.) matematikai értelemben szabatosak

— az elmélet nem-matematikai és matematikai jellegű elemeinek viszonya (a matematikai modellezés módja) pontos és egyértelmű, noha természetesen nem szabatos matematikai értelemben. Nem is lehet az, hiszen egy matematikai és egy nem-matematikai elem viszonya sem matematikai.

Ezek a tulajdonságok egy elméletet elsősorban formai szempontból jellemeznek. A formai követelményeknek a kvantummechanika ma már eleget tesz.

II

Az új koncepció kialakításában az állapotnak van központi szerepe. Az állapot fogalma az elmélet centrális alapfogalma. Elsőként ezt a kérdést kívánjuk megvilágítani, éspedig három szempontból:

1. preparálás
2. az állapot meghatározása, megismerése
3. az állapot matematikai leírása

1. A vizsgálandó objektum minden állapota valamilyen *preparálás* eredménye. A preparálás bizonyos körülmények rögzítése, melyek a megismerő fizikusnak az objektummal végzett manipulációjából, vagy más tényezőből (például erős elektromos tér létrehozása az elektron mint vizsgált objektum körül) egyaránt származhatnak.

Számos esetben találkozhatunk a releváns körülmények fogalmával[8], mely azokat a körülményeket (eljárásokat, manipulációkat) jelöli, melyek az állapot szempontjából lényegesek. Az, hogy melyek ezek, csak kísérletileg dönthető el. Két állapot akkor ekvivalens, ha a releváns körülmények megegyeznek egymással. Ez a meghatározás vagy a releváns körülményeket, vagy az állapotot definiálja attól függően, hogy melyiket tekintjük alapfogalomnak.

Itt meg kell jegyezni, hogy az a tény, hogy az állapotot tekintjük alapvetőnek, döntő jelentőségű az elmélet egész tartalmát, továbbá elméleti és gyakorlati hasznát illetően. Ezáltal ugyanis egy olyan szemlélet érvényesítéséről van szó, mely az objektumot állapotban és nem „folyamatban" levőnek képzeli el. Ahol ez a szemlélet már nem felel meg a valóságnak, ott húzhatók meg ezen teória határai is. Formailag ez úgy érvényesül, hogy a folyamatot, vagyis a dinamikát származtatjuk az állapotból, és nem fordítva. Elmondhatjuk, hogy a fizikában az állapot-szemlélet uralkodik. Ebben a tekintetben az úgynevezett racionális termodinamika képez figyelemre méltó kivételt: ez a folyamatot tekinti alapfogalomnak.[9]

2. Egy tetszőleges *állapotot* akkor határoztunk és ismertünk meg kielégítően, ha kísérletek és mérések sorozatát végeztük el. Az a cél, hogy ez a vizsgálat sokoldalú és kimerítő legyen, hiszen az összes (mérhető) fizikai mennyiségről (obszervábilis) információt kell szolgáltatnia.

A mérés során általában az a helyzet áll elő, hogy ez a tevékenység megváltoztathatja a releváns körülményeket, tehát az objektum állapotát is, mert a mérés során a mérőeszköz kölcsönhatásba lép az objektummal.

További szempont, hogy ugyanolyan releváns körülmények között levő objektumon végzett ugyanolyan mérés, nem feltétlenül ugyanazt az eredményt szolgáltatja. A kvantummechanika jellemző tulajdonsága, hogy a releváns körülményeket nem lehet úgy megválasztani, hogy az azonos mérés azonos eredményt produkáljon minden esetben (ez az úgynevezett kiküszöbölhetetlen statisztikus jelleg).

Mindebből először is az következik, hogy egy állapot meghatározásához a preparálást ugyanazon releváns körülmények között többször el kell végezni abból a célból, hogy minden egyes kísérletet, mérést valóban ugyanazon állapotú objektumon végezzünk el. Másodszor arra van szükség, hogy minden obszervábilis eloszlásfüggvénye meg legyen határozva. Az állapot ugyanis a mérési eredményekben mint valószínűség-eloszlás jelenik meg.

Ez utóbbi során már a matematikai leírás segítségével közelítettük és jellemeztük az állapotot. Minthogy ezt nem kívánjuk részletezni, az állapot matematikai reprezentánsával kapcsolatban elégedjünk meg a következő pontban röviden összefoglaltakkal.

3. Az állapot matematikai reprezentánsa minden fizikai mennyiség számára egy valószínűség-eloszlást definiál.

Az állapot meghatározása során már szó esett a különböző fizikai paraméterek és mennyiségi viszonyaik méréséről, amit – a dolog lényegét

tekintve – már röviden jellemeztünk. Megállapítottuk, hogy sorozatos mérések segítségével ismerjük meg az állapotot, mely számunkra a mérés szempontjából lényeges fizikai mennyiségek eloszlásfüggvényeinek ismeretét jelenti. Ezek után a *mérést* vizsgáljuk meg részletesen.

Ugyanazon az objektumon igen sokféle mérést, kísérletet lehet elvégezni. E mérések alapvetően két típusba sorolhatók.

Az egyikbe (A) azok tartoznak, melyek eredményei az objektum állapotától függenek. A másikba (B) azok, amelyek eredményei az objektum állapotától függetlenek. Az A típusra az objektum helyzetének, a B típusra az objektum tömegének meghatározására szolgáló mérést hozhatjuk példaként.

Az objektum állapotától függő mérési eredményeket szeretnénk a továbbiakban jellemezni. E célból vizsgáljuk meg az egészen elemi méréseket. Az „egészen elemi" megjelölés azt jelenti, hogy olyan mérésről van szó, melynek eredménye csak kétféle lehet. Például a helyett a mérés helyett, amely arra szolgál, hogy meghatározzuk az objektum térbeli helyzetét, olyan méréseket végzünk, amelyek csupán azt döntik el, hogy az objektum a tér meghatározott helyén található-e. Más szóval egy olyan mérés helyett, amelynek végrehajtása lehetővé teszi egy kiegészítendő kérdés megválaszolását, olyan méréseket vezetünk be, amelyek csak egy – persze ugyanarra a fizikai mennyiségre vonatkozó – eldöntendő kérdés megválaszolását biztosítják. Érzékelhetjük már az eddigiek alapján is, hogy elég sok eldöntendő kérdés egy kiegészítendő kérdéssel egyenértékű, azaz az elemi mérésekkel az összes (A típusú) mérést jellemezni lehet.

Tegyük fel, hogy az elemi mérések összessége egy K halmazzal reprezentálható. Az elmondottak indokolják, hogy K elemeit eldöntendő (igen-nem típusú) kérdéseknek nevezzük. Egy igen-nem kérdés reprezentálta mérés eredménye tehát kétféle fizikai történés lehet. Így például az, hogy egy bizonyos helyre elhelyezett számlálócső jelzett becsapódást vagy nem, eldöntendő kérdés, amire vagy igenlő, vagy nemleges választ kaphatunk. Adott esetben tehát, ha a számlálócső jelzett becsapódást, azt mondjuk: az eldöntendő kérdésre igenlő választ kaptunk.

Természetesen adódik K-n egy $<$-el jelölt reláció bevezetése:

$\alpha < \beta$, ha az α kérdésre igen a válasz, akkor a β-ra ugyanaz.

A bevezetett $<$ reláció az alábbi két tulajdonsággal rendelkezik:

$\alpha < \alpha \quad \forall \alpha \in K$ (reflexív),

$\alpha < \beta$ és $\beta < \gamma$ akkor $\alpha < \gamma$ (tranzitív).

Definiáljuk K-n a $\sim$ relációt így:

$\alpha \sim \beta$ akkor és csak akkor, ha $\alpha < \beta$ és $\beta > \alpha$.

Ez a $\sim$ reláció úgynevezett ekvivalencia reláció (reflexív, tranzitív, szimmetrikus, azaz ha $\alpha \sim \beta$ akkor $\beta \sim \alpha$). Így a $\sim$ reláció K-t ekvivalencia osztályokra bontja. Jelölje L a K-beli ekvivalencia osztályok halmazát: $L = K/\sim$.

L egy elemét kijelentésnek vagy eredménynek (proposition) nevezik, bár ez utóbbi terminus használata nem szerencsés. A továbbiakban mi sem ebben az értelemben használjuk. Az „egy kijelentés" megjelölés ezek után mindig a következőt jelenti: „α egy eleme", megkülönböztetve ezáltal a tényleges fizikai történést (esemény) az őt reprezentáló kijelentéstől.

Azt mondjuk, hogy egy kijelentés igaz, ha az őt definiáló eldöntendő kérdésre igenlő választ kaptunk, vagyis ha a kijelentésnek megfelelő esemény bekövetkezett.

Térjünk most vissza egy pillanatra az állapothoz. Az elmondottak alapján kissé részletesebben és pontosabban kifejthetjük annak a megállapításnak az értelmét, miszerint az állapot matematikai reprezentánsa minden fizikai mennyiség számára egy eloszlásfüggvényt értelmez. Tegyünk fel eldöntendő kérdéseket egyazon F fizikai mennyiséggel kapcsolatban. Mint már említettük, ugyanazon β_F kérdésre kapott válaszok ugyanazon állapotú objektum esetén sem mindig azonosak. Így egy rögzített β_F kérdésre kapott „igen" és „nem" válaszok $n_i(\beta_F)$ és $n_n(\beta_F)$ alapján kapott $\dfrac{n_i(\beta_F)}{n_i(\beta_F)+n_n(\beta_F)}$ szám, ami a $b \ni \beta_F$ jelölte esemény bekövetkezésének relatív gyakorisága. Az elmélet idealizációja abban nyilvánul meg, hogy ebből a relatív gyakoriságból a $p_F(b)$ valószínűségre következtet:

$$p_F(b) = \text{„}\lim_{n_\delta \to \infty}\text{"} \frac{n_i(\beta_F)}{n_\delta}, \quad \text{ahol } n_\delta = n_i(\beta_F)+n_n(\beta_F).$$

Ez az érték a relatív gyakoriság által csak közelítően fejeződik ki.

A K-n értelmezett $<$ relációból egy $\leq$ parciális rendezést (reflexív, tranzitív, antiszimmetrikus, vagyis ha $a \leq b$ és $b \leq a$ akkor $a = b$) tudunk definiálni L-n így: $a \leq b$ akkor és csak akkor, ha $\alpha < \beta \quad \alpha \in a \quad \beta \in b$.[10]

A kijelentések L összessége tehát parciálisan rendezett halmaz. A továbbiakban természetes, valamint kevésbé magától értetődő és a mérésekre vonatkozó feltevéseket a kijelentéshalmaz elemei közötti relációk formájában megfogalmazva, az L-t meghatározott struktúrával látjuk el.

Első feltevésünk, hogy van L-ben 0-val és I-vel jelölt, a $\leq$ elrendezés szerinti legkisebb és legnagyobb elem (lehetetlen és biztos kijelentés), melyek két követelménynek tesznek eleget.

1. $0 \leq a$

$a \leq I$ minden $a \in L$ esetén

0 és I azoknak a kérdéseknek felelnek meg, melyekre a válasz vagy mindig igen, vagy mindig nem.

Kevésbé természetes, hogy L-tól a következőket is megköveteljük: minden megszámlálhatóan sok elemből álló $\{a_i\}_{i \in IN}$ kijelentés-halmazhoz rendeljünk hozzá $\bigwedge_{i \in IN} a_i$ és $\bigvee_{i \in IN} a_i$-vel jelölt két olyan kijelentést - vagyis az a_i értékek metszetét, illetve unióját vagy összegét, melyekre:

2. ha $b \leq a_i$ minden i-re, akkor $b \leq \bigwedge a_i$

ha $a_i \leq b$ minden i-re, akkor $\bigvee_{i \in IN} a_i \leq b$

Az előbbi két feltételt kielégítő L-t σ-hálónak nevezzük.

Az ezzel a követelménnyel kapcsolatban felmerülő nehézségek közül az egyik lényege abban áll, hogy nem véges sok, azaz ténylegesen sohasem realizálható számú mérésről van szó. Ez által – pontosan meghatározott módon– ideális elemet építünk be az elméletbe. A második követelményben rejlő problémával kapcsolatban idézzük Varadarajant, aki szerint a kijelentés-rendszer struktúráját illetően az egyetlen nem nyilvánvaló feltevés, hogy „bármely két L-beli elemnek van hálóösszege, a többit mint technikai szempontból szükséges műveletet lehet tekinteni. Nem tudunk valóban meggyőző fenomenologikus érveket felhozni arra, hogy L elemei hálót képeznek. Ha ezt elvetjük, az axiómák oly mértékben gyenge érveknek bizonyulnak, hogy nagyon nehéz elkerülni a patológiás helyzeteket a matematikai tárgyalás során."[11] Meggyőző fenomenologikus érvekkel mi sem tudunk szolgálni, ehelyett a téma irodalmi vonatkozására utalunk, ahol ezzel kapcsolatos érveket is találhatnak.[12]

Legyen $\beta \in K$, és $\beta^{\sim}$ azt a kérdést jelölje, melyre a válasz mindig „nem", ha β-ra igen, és megfordítva.

Azt mondjuk, hogy c esemény b kompatibilis komplementuma, ha

1. $b \vee c = 1$
2. $b \wedge c = 0$

és van olyan $\beta \in b$ kérdés, hogy $\beta^{\sim} \in c$.

Feltesszük, hogy minden L-beli elemnek van legalább egy kompatibilis komplementuma. E követelés értelme, hogy minden kijelentéshez (b) hozzárendelhető egy olyan (c), miszerint létezik egy olyan kérdés (mérés) ($\beta \in b$), mely teljes biztonsággal eldönti, hogy „c igaz", vagy „b igaz".

Azt mondjuk, hogy L egy ortomoduláris σ-háló, ha L egy σ-háló, melyen értelmezve van egy kölcsönösen egyértelmű

$a \to a'$ $a, a' \in L$

eképezés az alábbi tulajdonságokkal:

1. $(a')' = a$
2. $a \wedge a' = 0$ $\qquad a \vee a' = I$
3. ha $b \leq c$, akkor $\qquad c' \leq b'$
4. ha $b \leq c$, akkor $\qquad b = c \wedge (c' \vee b)$ és $b \vee (b' \wedge c) = c$

(Az utóbbi tulajdonságot gyenge modularitásnak is hívják.[13])

Az $A \subset L$ generálta részhálón egy L_A $A \subset L_A \subset L$ halmazt értünk, melyre az L-beli műveletekre nézve fennáll:

1. $a' \in L_A$
2. $\bigwedge_{n \in IN} a_n \in L_A \qquad a, a_n \in L_A$

és L_A a legszűkebb ilyen tulajdonságú, azaz ha L'_A is eleget tesz e két utóbbi követelménynek, akkor $L_A \subset L'_A$.

Megköveteljük, hogy L legyen egy ortomoduláris σ-háló. Ezt az indokolja, hogy ha α ortomoduláris σ-háló és az ortokomplementumot mint kompatibilis komplementumot interpretáljuk, akkor fennáll az a lehetőség, hogy minden elemnek lesz (pontosan egy) kompatibilis komplementuma.[14]

Ezzel azonban nemcsak a kompatibilis komplementum létezését garantáltuk, hanem választ adtunk arra a fontos kérdésre is, hogy hogyan viszonyulnak az L-beli $\wedge$ és $\vee$ műveletek egymáshoz.

A klasszikus mechanika hálóelméleti formalizmusba történő átfogalmazása azzal az eredménnyel jár, hogy az L eseményhalmaz olyan háló, melyben a $\vee$ és $\wedge$ műveleteknek a halmazelméleti egyesítés $\cup$ és metszet $\cap$, $\leq$-nek pedig a $\subset$ szokásos tartalom felel meg, és $\cap$ és $\cup$ egymáshoz való viszonyát a disztributivitás jellemzi:

$$a \cup (b \cap c) = (a \cup b) \cap (a \cup c)$$
$$a \cap (b \cup c) = (a \cap b) \cup (a \cap c) \qquad a,b,c, \in L$$

Klasszikusnak nem tekinthető esetben mi jellemzi $\wedge$ és $\vee$ viszonyát? A kvantummechanikát a klasszikus mechanikától alapvetően az különbözteti meg, hogy az L-beli $\wedge$ és $\vee$ műveletekre vonatkozóan a disztributivitás helyett csupán a sokkal kevesebbet követelő gyenge modularitás áll fenn. Minthogy a disztributív háló kismértékben moduláris is, ez utóbbi valóban a disztributivitás pozícióit gyengíti.

Utolsó követelményünk: L legyen atomos. Az L egy tetszőleges p elemét atomnak nevezzük, ha $p \neq 0$ és

$z \leq p$ esetén $z = 0$, vagy $z = p$.

Az L-t atomosnak nevezzük, ha minden $a \neq 0$ eleméhez hozzárendelhetjük $p \leq a$ és p atomot.

Klasszikus esetben ugyanis a fázistér pontjai a kijelentéshalmaz atomjai, s az előbbiek az állapotoknak felelnek meg. Nem klasszikus esetben az atomok szintén állapotokat reprezentálnak, s a legklasszikusabb (tiszta) állapotok lesznek azonosíthatók az atomokkal.

A kijelentéshalmaz tehát atomos ortomoduláris σ-hálót képez. Végezetül jellemezzük az α és a szokásos kvantummechanikai formalizmus viszonyát.

Az L-t irreducibilisnek nevezzük, ha azon x elemeinek halmaza, melyre igaz, hogy minden $a \in L$ esetén $L_{\{x,a\}}$ disztributív háló, csak 0 és I-ből áll. Néhány kivételtől eltekintve minden irreducibilis L kijelentéshalmaz megadható egy Hilbert-tér zárt lineáris altereiből álló halmazként, ahol $\leq$ és $\cap$ a halmazelméleti tartalmazás és metszet, az ortokomplementáció pedig egy zárt lineáris altérhez ortogonális kiegészítőjét rendeli.[15] Minden L kijelentéshalmaz irreducibilis kijelentésrendszerekből állítható elő.[16]

És most foglaljuk össze, amit a kvantummechanika mérési problémáinak megoldási lehetőségeiről elmondhatunk.

Feltételeztük, hogy az objektummal kapcsolatos és a fizika által értelmezett eldöntendő kérdések a kísérleti eredmények alapján egyértelműen megválaszolhatók, vagyis egy-egy elemi mérésnek a már korábban ismertetett módon egy-egy eldöntendő kérdés felel meg.

Az elmélet tényként fogadja el, hogy bizonyos mérések elvégezhetőek, és a mérési eredmény a teória meghatározta módon információt ad az objektumról. Azonban azt is hozzá kell tenni, hogy az elmélet arról a folyamatról, amely aközben megy végbe, miközben az eldöntendő kérdést feltesszük (hozzákezdünk a méréshez) és a választ megkapjuk (befejezzük a mérést), nem állít semmit. Más szóval, a mérés teljes terjedelmében nem épül bele az elméletbe, hanem csak azok az adatok kerülnek felhasználásra, melyek a teória szempontjából külsődleges tényezőkre nem kérdeznek rá.

Az eldöntendő kérdések meghatározott (A típusú) fizikai mennyiségek „értékére" kérdeznek rá. Tartalmi szempontból tehát a fizikai mennyiségek mibenléte, végső soron a tér és az idő tulajdonságai a meghatározóak.

Az eldöntendő kérdésre e pontban felhozott példánk arra mutat rá, hogy egy ilyen kérdés létjogosultságának feltétele, hogy a „tér", a „térrész" és a „benne lenni" kifejezéseknek ebben a vonatkozásban van értelmük, illetve ezek értelmes kijelentések. Ez általánosan megfogalmazva így hangzik: minden konkrét kvantummechanikai mérés előfeltétele, hogy egy kellően megalapozott és kidolgozott tudományos elmé-

let, továbbá a fizika tudományának másra vissza nem vezethető végső fogalmai (kategóriái) rendelkezésre álljanak, továbbá, hogy a fizikai mennyiségeknek egy valamilyen előzetes matematikai modellje (kvantifikáció)[17] kialakuljon és a tényleges mérés végrehajtásához szükséges technika adott legyen.

Az egyes mérési eredmények reprezentánsa az elméletben nem valamilyen „számnak", hanem egy kijelentésnek, pontosabban L egyik elemének felel meg.

Jól meghatározott pontokon és módon az elmélet a mérésekkel kapcsolatos ideális elemeket (véges sok mérés → nem véges sok mérés, relatív gyakoriság → valószínűség) is magába foglalja.

A fizikában értelmesnek minősülő kérdések másik (B) típusára adható választ – itt nem részletezendő módon – az L kijelentéshalmaz képviseli, ami független az objektum állapotától.[18] Ez a kijelentéshalmaz döntő jelentőségű egyrészt az elmélet matematikai formáját illetően (Hilbert-realizáció), másrészt az ilyen kijelentés-struktúrával jellemezhető objektumok nem-klasszikus (nem disztributív) viselkedése magyarázatának alapját képezi.

III

Kérdés, hogy az előbbiek alapján milyen, a kvantummechanikánál általánosabb érvényű megállapításokat tehetünk a mérésnek egy konkrét fizikai elméletben elfoglalt helyére vonatkozóan.

A kvantummechanika számára elemi adottság bizonyos mérések végrehajthatósága.

Úgy gondoljuk, hogy minden zárt és egzakt fizikai elmélet esetében ugyanez a helyzet. Ennek oka természetes: az elméletnek ugyanis mindig meg kell állnia valamilyen számára elemi ténynél, melyet adottságnak tekint, s természettudományról lévén szó, az ilyen elemi adottságok között a mérésnek – mint valamilyen konkrét eszközzel az objektumon elvégezhető tevékenység lehetőségének és eredményének – szerepelnie kell.

Igen fontos hangsúlyozni, hogy bizonyos mérések és mérési eredmények csak egy meghatározott fizikai elmélet számára elemiek és nem általában vagy abszolúte. Az elmélet alapjaként szolgáló mérések elemisége mindig viszonylagos, csak az adott elmélet meghatározta határokon

belül mutatkoznak eleminek és mindig tovább elemezhetőek. Ilyen értelemben tehát egyetlen fizikai elmélet sem tekinthető zártnak.

A nem általában és nem abszolúte fennálló elemiség ténye tehát alapvetően két irányban magyarázható vagy érthető félre: 1. a mérési eredményt általában minden tudományos ismeret alapelemének, kiindulópontjának, tovább már nem elemezhető atomi ismeretének veszi; 2. a mérés eredményét abszolút adottságnak, azaz minden racionális elemet nélkülöző empirikus ismeretnek tekinti. Mindkét hiba jól ismert a neopozitivizmus történetéből.

A kvantummechanikai mérésről mondottak többek között azt is megvilágítják, hogy a mérés végrehajtásának elméleti lehetősége miért nem tekinthető abszolútnak, a mérési eredmény pedig tiszta empirikus ismeretnek. Közismert, hogy egy sor általános és speciális gondolati, fogalmi előfeltétele van minden konkrét mérésnek. Ily módon a mérési eredmény mint empirikus ismeret nem mentes racionális elemektől, hanem racionális és érzéki elemek egysége. Az általános fogalmi előfeltételek közé – mint ahogy a kvantummechanika esetében már említettük – a fizika tudományának kategóriái tartoznak. A speciális előfeltételeket a fizikai mennyiségek konkrét mérést megelőző kvantifikációja képezi és esetleg más fizikai elméletek is a következő értelemben.

Hogy egy bizonyos elmélet nem kérdez rá azokra a folyamatokra és kölcsönhatásokra, melyek a számára kiindulópontul szolgáló mérések, mérési eredmények materiális, fizikai alapjait képezik, nem jelenti azt, hogy ezt egyáltalában nem szabad, vagy nem lehet megtenni. A rákérdezés azonban egy, az előzőtől már lényegesen különböző fizikai elmélet keretein belül történik, melynek ugyanúgy megvannak az előfeltevései, kiindulópontként funkcionáló mérései stb., mint az előbbinek. Ily módon egy valóságos fizikai jelenség – sosem befejezett és teljes – leírása a fizikában ideális esetben zárt, egzakt fizikai elméletek sorozatának formájában megy végbe, melyek mindegyike más-más elemi tapasztalaton nyugszik, más természetű kölcsönhatáson alapuló mérésfogalommal (és tevékenységgel) rendelkezik, vagy legalábbis, ha ugyanolyan természetű kölcsönhatásokon alapulnak mérései, azokból mást vesz figyelembe, más típusú előfeltevései vannak. Emellett az is előfordulhat, hogy az elméleti alapfeltevések megfogalmazása a fizikában csak egy más elmélet keretében értelmezett és kidolgozott fogalmak és ismeretek segítségével lehetséges. Ez utóbbiakat tehát teljes joggal nevezhetjük az előbbiek gondolati előfeltételének.

Következésképpen egyet kell értenünk Bungéval, aki a méréssel kap-

csolatos kritikai realizmusnak nevezett felfogást mint olyat, melyet egyébként ő is magáénak vall, így jellemez: „*a)* nem létezik semmilyen közvetlen pontos mérés általában és speciálisan a mikrofizikában; *b)* fizikai mennyiségek mérésével (például időmérés), vagy fizikai rendszerek preparálásával (például adott sebességeloszlású protonnyaláb előállítása) kapcsolatos bármely részletesen kidolgozott elmélet egész sor általános érvényű elméletet és a kísérleti berendezések meghatározott modelljét követeli meg... *d)* sem a klasszikus-, sem a kvantumfizikában nem lehet felépíteni semmilyen adekvát méréselméletet. Ilyen elmélet létrehozásának lehetősége kétséges, amennyiben nem létezik semmilyen általánosan használható mérés sem, és minden makroszkopikus esemény a fizika különböző fejezetei közötti határokat metszi."[19]

A kvantummechanikai mérésről mondottak abból a szempontból is tanulságosak, hogy milyen szerepe van vagy lehet a tudomány matematizáltságának és a mind nagyobb fokú matematizáltságra való törekvésnek a tudományos elmélet pozitivisztikus felfogásában.

Ebben a vonatkozásban különbséget kell tenni a pozitivizmus pszichologista és logicista irányzatai között. Az előbbit („régi" pozitivizmust) az jellemezte, hogy „a megismerés problémáját biológiai-pszichológiai szempontból közelítette meg"[20]. A régi pozitivizmus képviselői többek között Hume és Mach. A neopozitivizmus ezzel szemben logikai síkra tereli a problémákat, nem utolsósorban azért, mert „a (régi) pozitivisták pszichologizmusának tarthatatlansága elsősorban a matematika viszonylatában derült ki"[21].

A régi pozitivizmus számára a matematikai igazságok magyarázatául az apriorizmus maradt meg, miután kiderült, hogy a pszichologizmus nem járható út. Ezt az apriorizmust már Hume is megfogalmazta.[22]

A neopozitivizmus a matematikát egyrészt logizálja, másrészt a matematikai igazságok problematikájára konvencionális választ ad.[23]

A természettudományok gyakorlatának azonban a matematikai igazságnak sem a régi pozitivisztikus – apriorisztikus, sem a neopozitivizmus konvencionalista felfogása nem felel meg. Érthetetlenné válik ugyanis az a tény, hogy a matematika miért alkalmazható a természettudományokban. A helyzetet tovább bonyolítja, hogy amilyen mértékben nem sikerült a pozitivizmus különböző válfajainak magyarázatot adni a matematizált természettudományok létezésére, olyannyira kétségessé teszi például a fizika egyre fokozódó matematizálódása a fizikai elméletek pozitivisztikus felfogását. Fodor J. véleménye szerint – ellentétben az enyémmel – „a neopozitivizmus képes asszimilálni a növekvő absztrakt

(matematikai-logikai) apparátust használó tudományokat, így – a természettudományok közül elsőként a kvantummechanikát."[24] Ezzel kapcsolatban a Varadarajantól vett idézetre emlékeztetünk, miszerint egészen pontosan meghatározott matematikai kényszer formájában jelentkezik a közvetlen empíriától való elszakadás igénye. Nem lehet tehát meggyőző fenomenologikus érvekkel szolgálni az L matematikai struktúra megalapozását illetően.

Fontos körülmény azonban, hogy példánk – melynek egy pontján konkrét formában megmutatkozik a fenomenológia elégtelensége – zárt, egzakt fizikai elmélet. Minden pontatlanság és tisztázatlanság a matematikai eszközök használatában, illetve az elmélet matematikai és nem-matematikai elemeinek viszonyában, zavar és félreértés forrása lehet, ami többek között a pozitivisztikus (félre)értelmezések kialakulását is elősegítheti.

A matematikai igazságok és a tudományos kategóriák a priori jellegének elutasítása történeti kialakulásuk elismerését követeli meg. Ez az elméletek történetiségének problematikájához vezet el bennünket. Itt megelégszünk annak megállapításával, hogy ebben a vonatkozásban elvileg más az érzéki és a racionális elemek viszonya, mint egy már kialakult empirikus ismeretben. Az érzéki tényező ugyanis genetikusan elsődleges a megismerés fejlődésében. Így a mérés elvileg elsődleges minden fizikai elmélet kialakulása folyamatában, aminek alátámasztásához közismert tudománytörténeti tényekre kell csupán hivatkozni.

Most pedig foglaljuk össze főbb megállapításainkat. Az előzőekben röviden felidéztük a kvantummechanika egy bizonyos területének a méréssel kapcsolatos leglényegesebb megállapításait. Leszögeztük, hogy a mérést az elmélet elemi adottságként kezeli. A mérésnek egy zárt, egzakt elméletben elfoglalt helyéről ugyanezt állapítottuk meg. A részletesebb elemzés során azonban kiderült, hogy a kvantummechanikai mérés elemi adottsága csak ezen elmélet vonatkozásában áll fenn, általában és abszolúte nem. A kvantummechanikai mérésnek – és ezt általánosítottuk a fizikai mérésre – elméleti és gyakorlati előfeltételei vannak (fogalmi kategóriák, kvantifikáció, más fizikai elméletek, megfelelő technikai színvonal). Ily módon a mérés az empirikus ismeret és ismeretszerzés speciális típusaként, a racionális és az érzéki-tárgyi elemek pontosan definiált viszonyaként jelent meg. Ezzel kapcsolatban rámutattunk arra, hogy milyen főbb hibák vezethetnek a mérés pozitivisztikus értelmezéséhez. A kvantummechanikai példák tanulságaként megállapítottuk, hogy a fizikai elméletek nagyfokú matematizáltsága nem egyértelműen kedvező a pozitivista interpretációk számára.

[1] *Károlyházi F.:* Igaz varázslat. Gondolat 1976. 11. old.

[2] *W. Heisenberg:* Kvantummechanika. Akadémiai Kiadó 1971. 75. old.

[3] *A. Einstein:* A speciális és általános relativitás elmélete. Gondolat 1963. 29. old.

[4] A pozitivizmusnak a tudományba való behatolása és elterjedése persze nem kizárólag az itt említett okok következménye. Ebben a folyamatban más, nem a tudomány belső fejlődéséből származó, de itt nem részletezhető társadalmi okok is közrejátszottak.

[5] *M. Planck:* Válogatott tanulmányok. Gondolat 1965. 81. old.

[6] Lásd például *E. Scheibe:* The Logical Analysis of Quantum Mechanics. Pergamon, 1973. (Irodalomjegyzék.)

[7] Más területekkel kapcsolatban lásd például *Fáy Gy.–Tőrös R.:* Kvantumlogika. Gondolat, 1978., valamint *G. Ludwig* munkáit.

[8] *J. M. Jauch:* Foundation of Quantum Mechanics. Addison Wesley, 1968.

[9] *Ropolyi L.:* Folyamatok a racionális termodinamikában. Acta Philosophica, 1978. Tom. 5.

[10] A $\leq$ reláció jól definiált, azaz $a \leq b$ nem függ attól, hogy az a, illetve b ekvivalencia osztályból melyik elemet választjuk:
$a \leq b \langle = \rangle \alpha < \beta\, \alpha \in a,\ \beta \in b$
Ha most $\alpha' \in a$, $\beta' \in b$, akkor $\beta \sim \beta', \alpha \sim \alpha' \Rightarrow \beta < , \beta' \alpha' < \alpha$ ezért $\alpha < \beta \Rightarrow \alpha' < \alpha < < \beta < \beta' \Rightarrow \alpha' < \beta'$ azaz $a \leq b$ az α' és β' szerint is.

[11] *V. S. Varadarajan:* Geometry of Quantum Mechanics. (I.) New York 1970. 106. old.

[12] *C. Piron:* Foundation of Quantum Physics. W. A. Benjamin., New York 1976.; *J. N. Jauch:* Id. mű.

[13] *C. Piron:* Id. mű. 24. old.

[14] Ugyanott, 23. old.

[15] Ugyanott, 57. old.

[16] Legyenek L_i $i \in T$ kijelentésrendszerek. Definiáljuk az L halmazt így:
$L = \{\{a_i\}_{i \in T}, a_i \in L_i\}$ továbbiakban: $\{a_i\}_{i \in T} = \{a_i\}$.
L-n definiálunk egy $\leq$ rendezést:
$\{a_i\} \leq \{b_i\} \langle = \rangle a_i \leq b_i \forall_i \in T$ és egy $\{a_i\} \to \{a_i\}' = \{a'_i\}$ leképezést.
Ezzel L kijelentésrendszer lett, mint azt könnyű is ellenőrizni. Az L_i elemekből ily módon előállított L-t az L_i-k direkt összegének nevezzük.
Legyen L tetszőleges eseményrendszer $a \in L$ és $[0,a] = \{b, b \in L, b \leq a\}$.
Értelmezzük az $[0, a] \ni b \to b^r$ leképezést, így:
$b^r = b' \wedge a$. Ekkor $[0,a]$ eseményrendszer, a $b \to b^r$-rel mint ortokomplementációval (relatív ortokomplementum) jellemezhető.
Legyen L tetszőleges Z_α, $\alpha \in A$ pedig olyan elemek az L-ból, melyekre igaz, hogy ha $P \subset [0, z_\alpha]$ és P olyan, hogy fennáll
$b_i \in P \Rightarrow \bigvee_{i \in IN} b_i \in P$
$b \in P,\ c \in L \Rightarrow (b \vee c') \wedge c \in P,$
akkor $P = [0, Z_\alpha]$ vagy $P = \{0\}$.
Ekkor L az $[0, Z_\alpha]$ $\alpha \in A$ irreducibilis eseményrendszerekből direkt összegként előállítható. (Lásd *C. Piron:* Id. mű. 35. old.)

[17] Maga a kvantifikáció is egy sor gondolati műveletet előfeltételez. Ezzel kapcsolatban

lásd *Fehér M.–Hársing L.:* A tudományos problémától az elméletig. Kossuth Könyvkiadó 1977.

[18] *J. M. Jauch:* Id. mű.

[19] *M. Bunge:* Filoszofija fiziki. Mir 1975. 110. old.

[20] *V. Svirjov:* A neopozitivizmus és a tudomány. Kossuth Könyvkiadó 1970. 31–32. old.

[21] *V. Svirjov:* Id. mű. 21. old.

[22] „Effajta (matematikai) tételekhez pusztán gondolati tevékenység útján a Világegyetemben bárhol létező dolgoktól függetlenül is eljuthatunk. Ha a természetben sohasem létezett volna kör vagy háromszög, az Eukleidész által bebizonyított igazságok akkor is mindörökre bizonyosak és magától értetődők maradnának." (*D. Hume:* Tanulmány az emberi értelemről. Magyar Helikon 1973. 37. old.)

[23] Mindezek a neopozitivizmus történetéből jól ismertek. (Lásd például Irányzatok a mai polgári filozófiában. Gondolat 1964.)

[24] *Fodor J.:* A determinizmus koncepció fejlődése és kapcsolatai a kvantummechanikával. Akadémiai Kiadó 1972. 92. old.

SZABÓ LÁSZLÓ

A részecskefizika interpretációs problémái

I

Az elemirész-fizikában kialakult helyzettel kapcsolatban napjainkban a következő nehézségeket szokás kiemelni: rendkívül sok kísérleti eredmény halmozódott fel, melyek közül egyik sem mond élesen ellent valamely fizikai diszciplínának, ugyanakkor nincs egy átfogó, a részecskefizika jelenségeit kielégítően leíró elmélet, a meglevők pedig magukról az elemi részekről és klasszifikációjukról nem adnak számot.

Az elméleti kutatások szinte hónapról hónapra újabb elméleteket eredményeznek, melyek rendszerint egy szűkebb területen jól megfelelnek az elvárásoknak, de egyik sem általános érvényű abban a tekintetben, hogy az elemirész-fizikai jelenségek egészét képes lenne leírni. Talán éppen ez készteti a fizikusokat arra, hogy alapvető változtatásokon gondolkodjanak. I. E. Tamm írta a következőket: „teljesen világos, hogy a fizika fejlődésének egy egészen új korszaka vár ránk és hogy mindazok a lényegbevágó problémák, melyek akkor merültek fel a fizikai elméletekben, amikor az ember behatolt a nagyenergiás elemi részek, azok kölcsönhatásainak és kölcsönös átalakulásainak új és ismeretlen világába, csak úgy lesznek leküzdhetőek, ha a legalapvetőbb fizikai fogalmainkat és elképzeléseinket újra végiggondoljuk és általánosítjuk. Ez a felülvizsgálás – minden valószínűség szerint – nem lesz kevésbé radikális, mint az, amely századunk elején zajlott le a relativitáselmélet és a kvantummechanika megalkotásakor."[1]

Egy ilyen empirikusan „túltelített" állapotban az elemi részek elméletének továbbfejlődése szempontjából rendkívül fontos szerepük lehet az általános filozófiai és logikai-metodológiai vizsgálódásoknak. Az elméletek nagy száma és az a törekvés, hogy olyanokat alkossanak, melyek a kísérleti tapasztalatok minél szélesebb körét képesek *visszaadni*, ahhoz a lényegében pozitivista felfogáshoz vezetett, amely az elmélet extenziójával szemben maximalistának, míg intenziójával szemben meglehetősen igénytelennek mutatkozott. Jól példázza ezt az a jól ismert törekvés, amely arra

irányul, hogy az elemi rész az elmélet produktuma és ne az alapanyaga legyen. Ennek a koncepciónak az abszolutizálásával nem érthetünk egyet. Az elméleti fejlődés több évtizedes stagnálása arra késztet bennünket, hogy felhagyjunk az elemi részek, vagy akár a „még elemibb" szubelemi részek „elemiségének", egyszerűségének mítoszával. A részecskéket minden megjelenési formájukkal együtt, mint adott anyagi realitásokat kell vizsgálnunk, és létviszonyaik feltárásával a maguk totalitásában kell megértenünk.

II

A részecskefizika interpretációs nehézségei a kvantummechanika interpretációs problémáival kezdődnek. Kezdetben tehát erre érdemes kitérnünk. A kvantummechanika megszületésekor a legnagyobb nehézséget a szemléletesség hiánya jelentette. Ezzel kapcsolatban idézzük M. E. Omeljanovszkij szavait: „A kvantummechanikában a fizika talaján igen plasztikus formában oldódik meg az absztrakt gondolkodás és a szemlélet viszonyának problémája a valóság megismerésében. Ez a probléma a fizikában - a modern szerzők terminológiájával élve – úgy jelenik meg, mint az absztrakt-logikainak (matematikainak) és a szemléletesnek, vagy mint az elmélet matematikai apparátusának (formalizmusának) és a kísérletileg megfigyelhető adatoknak (közönséges nyelvi eszközeinkkel leírhatónak) a viszonya."[2] Ehhez a magunk részéről annyit tehetnénk hozzá, hogy a kvantummechanika ha nem is oldotta meg az említett problémákat, de „plasztikus formában" felvetette azokat, továbbá, hogy az interpretációt most és a továbbiakban úgy fogjuk fel, mint a teóriának a valóságra való vonatkoztatását, és így egy elmélet interpretációjának nem szükséges és még inkább nem elégséges feltétele a szemléletesség.

Szintén a szemléletesség kérdését állítja a vizsgálódás középpontjába I. B. Novik, aki a klasszikus fizikával kapcsolatban W. Thomsont idézi: „Úgy tűnik annak a valódi értelme, hogy egy fizikai problémát értünk-e vagy sem, oda vezethető vissza, hogy képesek vagyunk-e megfelelő mechanikai modellt találni."[3]

Nos, Thomson egy évszázaddal ezelőtt tett megállapítását kissé tovább kell fejlesztenünk. A mechanikai modell helyett általában klasszikus fizikai, vagy – a mechanika más oldalait alapul véve – geometriai modellt

kellene itt mondanunk. A fizika és a matematika egy évszázados fejlődése azonban még Thomson „módosított" kijelentését is megkérdőjelezi, hiszen a klasszikus fizika, így például a mechanika is, eszközeiben és elvontságában igen jelentős változáson ment át[4], és például a mechanikai analógiák semmivel sem lennének szemléletesebbek, mint a legelvontabb elemirész-modellek. A geometria a múlt század végétől napjainkig szintén sokat fejlődött (lásd például F. Klein Erlangeni Programja stb.).[5] Szemléletességet tehát a geometriai modellektől sem várhatunk, másfelől viszont a legelvontabb fogalmak is szemléletesek lehetnek. Így például a halmazfogalom az egyik legabsztraktabb matematikai fogalom, ami mégis rendkívül szemléletessé tehető. Messzemenően igaza volt Einsteinnek, amikor ezt mondta: „tudomásul kell vennünk, hogy ... a logikai alap egyre jobban eltávolodik a tapasztalati adatoktól és az az út, amely a gondolkodás révén ezektől az alapoktól eljut a közvetlen érzéki tapasztalatokkal korrelációban álló következtetésekig, egyre hosszabb és nehezebb lesz."[6]

Látjuk tehát, hogy a szemléletesség nem lehet alapvető követelmény a valóságról alkotott modelljeinkkel szemben.

Az interpretációs kérdések messze túlvezetnek a konkrét fizikai elmélet keretein és egy tágabb ismeretelméleti-ontológiai, valamint logikai elemzést tesznek szükségessé.

III

Az interpretációt tehát úgy fogjuk fel, mint a fizikai elméletnek a valóságra való vonatkoztatását. Ezzel máris egy nagyon régi és nagyon általános ismeretelméleti problémához jutottunk el: mikor tekinthető egy elmélet igaznak, a valóságot hűen tükrözőnek? Látni fogjuk, hogy az erre a kérdésre adott válaszok ismeretelméleti – és ezen keresztül – ontológiai vonatkozásaikkal együtt, a fizikai interpretációk különböző irányzataihoz vezetnek el bennünket. Természetesen e tanulmány kereteit meghaladná az „igazság" mint filozófiai probléma teljes kifejtése, ezért ezt a tudományos igazság fogalmára szűkítjük le, és ennek is csak azon aspektusait emeljük ki, melyek a fizikai elméletek interpretációjával kapcsolatban elterjedt irányzatokat jellemzik.

A marxista tükrözéselmélet – mint közismert – a külvilág objektív léte-

zéséből és megismerhetőségének lehetőségéből indul ki. Az igazság nem más, mint a létező, objektív külvilág *objektív* viszonyainak adekvát tükörképe. Ez az adekvát jelleg abban az izomorfiában jut kifejezésre, amely a képmás és a tárgy meghatározott oldala között áll fenn. A Marx előtti materializmus a visszatükrözést metafizikusan, mint „holt lefényképezést" fogta fel. A marxista ismeretelmélet hangsúlyozza a *tudat* társadalmi természetét és szerepét a külvilág aktív átalakításában. Érdemes ezzel kapcsolatban Marxot idéznünk, aki a Feuerbach-tézisekben a következőket mondja: „az a kérdés, hogy az emberi gondolkodást tárgyi igazság illeti-e meg – nem az elmélet kérdése, hanem gyakorlati kérdés. A gyakorlatban kell az embernek gondolkodása igazságát, vagyis valóságát és hatalmát, evilágiságát bebizonyítania. Az olyan gondolkodás valóságáról vagy nem-valóságáról folytatott vita, amely elszigeteli magát a gyakorlattól – tisztára skolasztikus kérdés."[7]

Fontos azonban kiemelnünk, hogy a gyakorlat szerepe a megismerésben – a pragmatizmus álláspontjával szemben – nem abban áll, hogy a gyakorlati hasznosság szolgáltatna kritériumot ismereteink igazságára, hanem fordítva, ismereteink hasznossága éppen abban rejlik, hogy a valóság adekvát visszatükrözésén alapul.

A továbbiakban ezzel az elmélettel ellentétes és a modern polgári filozófiában elterjedt három koncepciót említünk meg.

1. A *koherencia-elméletek* az „igaz" fogalmát a „logikailag érvényes" fogalmával azonosítják. A koherencia-elv lényegében egy állításrendszer konzisztencia-követelményével azonos. Képviselői (így például Carnap) szerint, az ismeretek igazságának kritériuma abban áll, hogy az ismereteinket leíró állításokat magába foglaló logikai rendszer konzisztens legyen.

2. A *pragmatizmus* álláspontját kissé leegyszerűsítve úgy foglalhatjuk össze, hogy igaz az, ami hasznos, vagyis, „ami a leghasznosabb számunkra, ami a legjobban megfelel minden életmegnyilvánulásunknak, és összeegyeztethető tapasztalataink összességével".

3. *A logikai leképezés elméletének* legjelentősebb képviselője Wittgenstein volt. Bár Wittgenstein esetében a logikai leképezés elmélete sajátos módon, a logika vagy más formális nyelv szemantikai analízisének keretében fogalmazódott meg, már a „Logikai-filozófiai értekezés"-ben is kimutathatóan általános ismeretelméleti értelemben beszél róla. A logikai leképezés szerint a megismerés nem más, mint a valóságos szituációk, „atomi tények" struktúrájának valamely formális nyelv segítségével megfogalmazott kijelentések logikai struktúrájára való homomorf leképezése. „Wittgenstein, aki jogosan hangsúlyozza a logikai kép és az eredeti között-

ti szerkezeti hasonlóságot, nem veszi figyelembe, hogy az elvont homomorfizmus (vagy izomorfizmus) viszonya nem elegendő a leképezés ismeretelméleti folyamatának megértéséhez. ... A tükrözés ismeretelméleti folyamatának lényege ... elsikkad a leképezés ilyen tiszta logikai tételezése mellett, amely, mint mondottuk, egyúttal teljesen elvonatkoztat a megismerés reális menetétől. A valóság logikai leképezésének eszméje nélkülözi a tudományos, materialisztikus értelmet. A logika és a valóság reális viszonya misztikussá válik. A logika és a valóság ismeretelméleti határának eltörlését elősegíti, hogy viszonyukat az »Értekezés« szélsőségesen metafizikus módon, tükörszerűen statikusnak ábrázolja. Wittgensteint egyáltalán nem foglalkoztatják a megismerés dialektikájának, közvetítettségének, ellentmondásosságának, mozgékonyságának, relativitásának problémái. A »leképezést« úgy értelmezi, mint a nyelvi jelek és az atomi tények egyértelmű megfeleltetésének közvetlen aktusát. ... Ha helyesen akarjuk értelmezni a képek, eszmék, gondolatok viszonyát a megismerés objektumához, akkor helyesen kell értelmeznünk viszonyukat a szubjektumhoz és a megismerő tevékenységhez; ezektől a mozzanatoktól azonban az »Értekezés« ismeretelméleti koncepciója teljességgel elvonatkoztat. ... A kijelentés-képnek az »Értekezés«-ben kifejtett elmélete nem egyszerűen mellőzi az általános megismerésének és nyelvi kifejezésének lehetőségét, hanem egyenesen kizárja a megismerésnek ezt a rendkívül fontos mozzanatát. A kijelentések értelmét pusztán az egyedi eseményekre, tényekre vonatkoztatja. A terminusok jelentését csak a tapasztalat egyedi elemeivel, az egyszerű objektumokkal kapcsolja össze. Ez az oka a filozófia tagadásának, a miszticizmussal terhes, földhözragadt empirizmusnak."[8]

Már itt érdemes megjegyeznünk – ami majd a fizikapéldákból is kiderül –, hogy e három igazságkoncepció mindegyike végül is pozitivista szubjektivizmusra vezet.

IV

Vizsgáljuk meg, hogy melyik fizikai szemlélet sorolható a koherenciaelméletek csoportjába. A koherenciaelven alapuló elméletben – mint már láttuk – az elméleti ismereteknek a valósághoz való viszonya tulajdonképpen fel sem merül. Elméletünk igazságának egyetlen feltétele, hogy logi-

kailag helyes legyen, tehát az ismereteinket tartalmazó rendszeren belül a kijelentések kompatibilisek legyenek. Ennek megfelelően a koherencia-elvek közé kell sorolnunk mindazokat az irányzatokat, amelyek a fizikai elméletek axiomatizálásával kívánják megoldani az interpretációs nehézségeket. Mint láttuk, a logikai helyesség problémája egyáltalán nem érinti azt a kérdést, hogy a szóban forgó elméletet „tárgyi igazság illeti-e meg". Az axiomatikus felépítés és az ezzel járó logikai konzisztencia a fizikai elméletekkel szemben támasztott *szükséges*, de semmiképpen sem *elégséges* követelmény. Összefoglalóan tehát azt mondhatjuk, hogy a fizikai elméletek axiomatizálása – egyes szerzők véleményével ellentétben[9] – *önmagában* még nem old meg semmiféle interpretációs problémát, jóllehet minden teoretikus kifejtés alapvető követelménye. Ez utóbbi megállapításunk alátámasztására utalunk arra a logikából ismert tényre, hogy ha egy állításrendszerben olyan állítások fogalmazhatók meg, melyek tagjai egymást tagadják, akkor a rendszeren belül bármely állítás megfogalmazható lesz. Világos, hogy ilyen esetben egy fizikai elmélet teljesen semmitmondó és használhatatlan lesz még akkor is, ha az úgynevezett „fizikus intuícióra" támaszkodva egy ellentmondásos rendszeren belül a kísérleti adatokkal egybevágó következtetésekre jutunk.

A pragmatista filozófia elvei a fizikában igen gyakran előtérbe kerülnek. Ez a szemlélet tagadja, hogy a fizika fejlődése szempontjából szükséges a fizikai elméletek logikai-matematikai, illetve ontológiai alapjaival foglalkozni. E felfogás szerint meg kell elégednünk azzal, hogy az elmélet a gyakorlat számára „hasznos" matematikai eljárásokat ad, melyek a kísérleti eredményeket jól közelítik, és lehetőséget nyújtanak az események prognózisára is. A pragmatizmus azonban a gyakorlatot konkrét, érzékelhető, testi tevékenységként értelmezi, s ennek megfelelően a gyakorlat a fizika szempontjából az érzékelhetőre, az empirikusra szűkül le. Ezáltal a pragmatista filozófia koncepciója pozitivista operacionalizmusba torkollik.

V

A fizika alapvető problémáinak kutatásai során az egyik legtöbb konkrét eredményt felmutató irányzat – mint a későbbiek során majd látjuk – a logikai leképezéselméletekkel áll kapcsolatban. Ez az egyetlen olyan

felfogás, amely az interpretációs problémákat megfelelő súllyal kezeli. A fizikai elméletek, és ezeken belül elsősorban a mikroobjektumok leírására szolgáló kvantumfizikai elméletek megalapozására irányuló modern kutatások egyik reprezentatív alakja G. Ludwig. Ludwig két olyan, a kvantumfizika interpretációs problémáival foglalkozó elméletét kívánjuk itt röviden összefoglalni, melyeket vizsgálódásunk szempontjából fontosnak tartunk. Az egyik az úgynevezett leképezési elvre (Abbildungsprinzip)[10], a másik a makroobjektumok szerepére vonatkozik.[11] Ludwig rendszerében egy *PT* fizikai elméletet a következő három szempont alapján alkothatunk meg:

1. A valóság egy *W* tartománya
2. Egy matematikai elmélet: *MT*
3. A matematika alkalmazására vonatkozó előírás: $\leftrightarrow$

$$PT: \quad MT \leftrightarrow W$$

W természetesen tartalmaz olyan elemeket, melyek nem függetlenek *MT*-től és $\leftrightarrow$ megfeleléstől. Azonban *W* feltétlenül tartalmaz egy *G*-vel jelölt tartományt, mely olyan „közvetlenül adott realitásokból" (reale Gegebenheiten) áll, melyek minden *MT* matematikai elméletre és $\leftrightarrow$ megfeleltetésre nézve ugyanazok. *G*-t röviden „alaptartománynak" (Grundbereich) nevezzük. *G* jelentésének jobb megértése kedvéért idézzük Ludwig egy szemléletes példáját: „Az őslénytan elméletének, mint egy biológiai elméletnek a számára, a Dinosaurus *W* valóságtartományba tartozik ugyan, de *G*-be nem. *G*-be olyanok tartoznak, mint például az elkövesedett csontok és lenyomatok." De ezzel kapcsolatban egy fizikai példát is mondhatunk, mely egyben egy másik szempontot is megvilágít, nevezetesen azt, hogy egy fizikai elmélet számára *G*-beli dolog egy másik fizikai elmélet számára nem *G*-beli. Például az „áram" az elektronika számára alapfogalom, míg például az elektrodinamika számára nem az. *G* elemei között bizonyos viszonyok állapíthatók meg és *G* ezeknek a viszonyoknak a rendszerével egy úgynevezett relációrendszert alkot (Realtext). A leképezési elv ennek a „Realtext"-nek az *MT*-re való leképezését jelenti. Ennek a leképezésnek a pontos formalizációját itt nem áll módunkban bővebben tárgyalni.

Ludwig másik elmélete a méréssel foglalkozik. A mérést két makrofizikai objektum közötti kölcsönhatás folyamataként értelmezi. Röviden a következőről van szó. Már a kvantummechanika fejlődésének kezdetén sok problémát okozott a mérési eredmények interpretációja. A Fock-féle értelmezés szerint a mérőberendezések alapvetően makroszkopikus rendszerek és két részből tevődnek össze. Az első az úgynevezett preparáló,

a második az úgynevezett regisztráló rész. A preparáló rész olyan makroberendezés, mely a mérés első fázisaként a mérendő (Fock szerint mikrofizikai) objektumot egy meghatározott kvantumállapotba hozza. Az adott kvantumállapotban levő mikrofizikai objektum állapotát a regisztráló (makro-) műszer sztochasztikus módon regisztrálja.[12] Ludwig a mérőberendezéseket hasonló módon makroobjektumként fogja fel és preparáló, illetve regisztráló részre bontja. Azonban abból kiindulva, hogy *mi* csak a preparáló, illetve regisztráló makrorendszerekkel állunk *közvetlen érzéki* kapcsolatban, tagadja, hogy a „mikroobjektumokon" végrehajtott mérések során többről lenne szó, mint két makroszkopikus rendszer, nevezetesen a preparáló és a regisztráló műszer kölcsönhatásáról. Ezzel tehát Ludwig megkérdőjelezi maguknak a mikroobjektumoknak a létezését, és azokat úgy fogja fel, mint két makroobjektum közötti kölcsönhatás „közvetítőjét" (action-carrier). Csak a makroobjektumok objektív létezését fogadja el, minthogy azok közvetlenül adottak a megfigyelő számára. Mint írja, a következő két mondat közül:

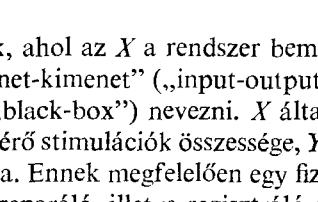
1. „A csésze az asztalon van"
2. „Az elektron egy kis $\wedge$ térfogatban helyezkedik el" az elsőt meg lehet érteni, a másodikat azonban nem, mert többek között nem tudni, hogy mi az az „elektron", és mit jelent az, hogy az elektron itt és itt helyezkedik el. Az első típusú „érthető" mondatra egy fizikai példát is mond: „ennek a műszernek a számlálója egy meghatározott számot mutat"[13].

Térjünk most vissza a leképezési elvhez. Láttuk, hogy a leképezési elv kiindulópontja a megismerési folyamat szubjektív oldalaitól függetlenül az adott tárgyi valóság, és a fizikai elmélet helyessége abban áll, hogy a $\leftrightarrow$ megfeleltetés fenntartja az adott relációt. Ennyiben ez a felfogás elfogadható a marxista tükrözéselmélet szemszögéből. Különösen akkor igaz ez a megállapítás, ha kiemeljük, hogy a tárgyi valóság nem közvetlenül adott számunkra, hanem a valóság átalakítása és elsajátítása, az ember gyakorlati tevékenysége során, a megismerés bonyolult folyamatában tárul fel előttünk. Ludwig alapvonásaiban helyes elképzelése azonban nem ebbe az irányba bontakozik ki. Mint láttuk, a megismerést a közvetlenül adottnak tekintett „Realtext" merev leképezéseként fogja fel, és ennélfogva a Wittgenstein-féle logikai leképezéselméletnek a fizikai megismerésre való alkalmazásával állunk szemben. Ludwig másodikként – a mérésre vonatkozóan – idézett elmélete azonban jó példa arra, hogy a logikai leképezés elmélete szükségszerűen szűkíti le a „tárgyi igazságot" a szemlélődés és az érzetek számára közvetlenül adottra. Így szükségszerűen adódik, hogy Ludwig számára csak a közvetlenül érzékelhető mak-

roszkopikus testek bírnak objektív realitással, és ebben az értelemben a „fizikai elméletnek" egy tisztán pozitivista felfogását kapjuk vissza. Ludwig munkáiban természetesen explicite nincs kifejtve elméleteinek filozófiai oldala, de hogy gondolatmenetének fenti értelmezése nem alaptalan, azt alátámasztja az a vita, amely 1971 szeptemberében a Pennsylvaniai Állami Egyetemen tartott előadása után folyt le.[14]

VI

A mérés két fázisban – nevezetesen a preparáló és regisztráló részben – történő felfogása módot ad arra, hogy a fizikai rendszerek modellezését rendszerelméleti keretbe foglaljuk. Mint ismeretes az általános rendszerelméletben[15] a rendszert egy



relációként definiáljuk, ahol az X a rendszer bemeneteit, Y a kimeneteit jelöli. Az ilyen „bemenet-kimenet" („input-output") rendszereket szokás „fekete doboznak" („black-box") nevezni. X általában úgy interpretálható, mint a rendszert érő stimulációk összessége, Y pedig a stimulációkra adott válaszok halmaza. Ennek megfelelően egy fizikai mérésben a Fock-féle értelemben vett preparáló, illetve regisztráló részt a rendszerelmélet nyelvén úgy interpretálhatjuk, mint a rendszernek (a mérendő objektumnak) a stimulációit és kimeneteit. Ha tehát X a preparáló berendezés, Y pedig a regisztráló berendezés állapotait jelöli, akkor egy „összetartozó",

$$(x, y) \in S$$

pár olyan mérési aktust szimbolizál, amelyben a mért objektumot x előkészítés után y tulajdonságúnak találtuk.

A pozitivista szemlélet ezen a szinten megáll. Tagadja, hogy a „fekete doboz" megtölthető lenne, és hogy ily módon a vizsgált fizikai objektumon *észlelt* bemenet-kimenet párokon, tehát a közvetlen érzéki, empirikus adatokon túlmenő lényegi leíráshoz jutnánk.

Az empirikus adatok az elmélet számára egyszer s mindenkorra adottak. A „fekete doboz" keret tehát adott. A valóság lényegére, ontikus viszonyaira irányuló elméleti kutatásnak tehát az a feladata, hogy ezt a „dobozt" tárja fel, töltse meg olyan struktúrával, *tartalommal*, amely a modellezett objektumot minden vonatkozásában az általános emberi-társadalmi gyakorlat számára megbízható módon írja le.

Nem biztos tehát, hogy azok a modellek, amelyek például az elemi részekre vonatkozó empirikus ismereteket hűen visszaadják, a „fekete dobozt" adekvát módon töltik ki, azaz a részecskék valóban adekvát leírását szolgáltatják. Erre a fenomenologikus részecske-modellek számos példát szolgáltatnak. Így például a diszperziós relációkról és az *S*-mátrix elméletről már eddig is kiderült, hogy azok a *leírás* szintjén megrekednek.

VII

Az elmúlt két évtizedben elterjedtek azok az elméletek, amelyek a részecskék és rezonanciák klasszifikációjával kapcsolatosak. Az első ilyen elmélet Heisenbergtől és Ivanyenkótól származik, akik azt javasolták, hogy a protont és a neutront egy és ugyanazon részecske két különböző állapotának tekintsük. Erre az adott lehetőséget, hogy a proton és a neutron elektromágneses mező hiányában teljesen megkülönböztethetetlen egymástól. Az „egyesített" részecske a nukleon (*N*) nevet viseli, a két (proton-, illetve neutron-) állapot megkülönböztetésére pedig az úgynevezett izotóp-spin fogalmát vezették be. Természetesen a különböző izotópspin állapotokban a töltés is különböző. Azonos módon sikerült további részecskéket is ilyen multiplettekbe, sőt ezeket további szupermultiplettekbe csoportosítani.[16] A klasszifikációkat a fenomenologikus leírások közé soroljuk. Fontos azonban megjegyeznünk, hogy a leírás fenomenologikus jellegén az sem változtat, ha a klasszifikációt „belső" szimmetriacsoportok segítségével adjuk meg. Tipikus példája ennek az úgynevezett Gell–Mann-féle „8-as út", amely a klasszifikációt az *SU* (3) csoport segítségével hajtja végre. Általában kimutatható, hogy egy halmaz tetszőleges particiójához, ami egy ekvivalencia-reláció megadásával egyenértékű, mindig konstruálható olyan csoport, mely az adott particiót (ekvivalencia-relációt) generálja. Pontosabban, ha X egy tetszőleges halmaz és

$$X = \frac{\cup X_i}{i \in I}$$

miközben $X_i X_j = \varphi$ ha $i \neq j$, az X egy particiója, akkor azt mondjuk, hogy x ekvivalens x'-vel ha $x, x' \in X_i$ valamilyen $i \in I$-re. Nos akkor mondjuk, hogy egy G csoport generálja a fenti ekvivalencia-relációt, ha adott G hatása X-en [G, X], és igaz a következő:

$$x \sim x' \Leftrightarrow (Jg \in G) \quad gx = x'$$

Már H. Weyl észrevette[17], hogy a fenti megfeleltetéssel a csoportaxiómák az ekvivalencia-reláció axiómáiba mennek át.

Ezzel a kis kitérővel bemutattuk, hogy a klasszifikációnak valamilyen csoporttal történő generálása önmagában még nem jelenti annak mélyebb megértését. A belső szimmetriák szerinti klasszifikáció akkor lesz több, mint egy egyszerű (akár táblázattal is megadható) csoportosítás, ha – mint ahogy azt az úgynevezett mértékelméletek (gauge theory) teszik – a belső szimmetriáknak egyéb, mélyebb tartalmat tudunk tulajdonítani, *és a kölcsönhatásokat is ezeknek a szimmetriáknak a segítségével tudjuk* értelmezni.[18]

JEGYZETEK

[1] Vesztnyik An. SZSZSZR, 1960. 10. sz. 12. old.

[2] *M. E. Omeljanovszkij:* Igyeji gyialektyiki v kvantovoj fiziki. (Filoszofszkije voproszi kvantovoj fiziki.) Nauka 1970.

[3] *I. B. Novik:* Nagljadnoszty i modeli v tyeoriji elementárnih csasztyic. (Filoszofszkije problemi fiziki elementarnih csasztyic.) Nauka 1963.

[4] Lásd például C. Truesdell, R. Abraham, H. Mackay vagy V. T. Arnold munkáit.

[5] Ob osznovanyijah geometriji. (Évkönyv) GITTL 1956.

[6] *A. Einstein:* Szobranyije naucsnih trudov. IV. köt. Nauka 1966. 226. old.

[7] *Engels:* Ludwig Feuerbach és a klasszikus német filozófia vége. Kossuth Könyvkiadó 1973. 79. old.

[8] *M. Kozlova:* Nyelv és filozófia. Kossuth Könyvkiadó 1976. 119–121. old.

[9] *M. Bunge:* Filoszofija fiziki. Mir 1975.

[10] *G. Ludwig:* Deutung des Begriffs „physikalische Theorie" und axiomatische Grundlegung der Hilbertraumstruktur des Quantenmechanik durch Haupsätze des Messens. Springer-Verlag 1970. (Leture Notes in Physics 4.)

[11] *G. Ludwig:* Measurement as a Process of Interaction between Macroscopic Systems. Universität Marburg 1974.

[12] *Ju. V. Novozsilov:* Vvegyényije v tyeoriju elementarnih csasztyic. Nauka 1972.

[13] *G. Ludwig:* Id. mű. (lásd 10. számú jegyzet) 2–3. old.

[14] Lásd 11. számú jegyzet.

[15] *M. Meszarovics–Ja. Takahara:* Obsaja tyeorija szisztyem: matematyicseszkije oszновi. Mir 1978.

[16] Lásd 12. vagy 17. számú jegyzet.

[17] *H. Weyl:* Klasszicseszkije gruppi, ih invarianti i predsztavlényija. IL 1947.; vagy *N. P. Konopljova–G. A. Szokolik:* Probléma tozsgyesztva i principi otnoszityelnosztyi. (Ejnstejnovszkij szbornyik 1967.) Nauka 1967.

[18] *N. P. Konopljova–V. N. Popov:* Kalibrovocsnije polja. Atomizdat 1972. Ajánlott irodalom: *V. I. Kuznyecov:* Filoszofszkij analiz osznovanyij fiziki elementárnih csasztyic. Naukova dumka 1977.; Filoszofszkije problemi fiziki elementarnih csasztyic. (Cikkgyűjtemény). Nauka 1963.; Filoszofszkije vaproszi kvantovoj fiziki. (Cikkgyűjtemény). Nauka 1970.

SZEGEDI PÉTER

Determinisztikus törekvések a kvantummechanikában. De Broglie elméleti rendszere

AZ INDETERMINIZMUS KIALAKULÁSA ÉS FEJLŐDÉSE A KVANTUMMECHANIKÁBAN

A kvantummechanika kialakulása óta teoretikusainak és interpretálóinak nézeteiben megszakítás nélkül jelentkezik az a felfogás, miszerint a modern fizika cáfolja vagy legalábbis korlátozza a determinizmus elvét, az okság érvényesülésének hatókörét. Mi e nézetek forrása és táptalaja?

Heisenberg a kvantummechanikát megalapozó cikkét a következő gondolattal indítja: „ismeretes, hogy a formális szabályokkal szemben, melyeket általában a kvantumelméletben megfigyelhető mennyiségek (például a hidrogén atom energiája) kiszámítására használnak, az a súlyos kifogás emelhető, hogy e számítási szabályok lényeges alkotóelemként olyan mennyiségek között fennálló összefüggéseket tartalmaznak, amelyek – úgy látszik – elvileg megfigyelhetetlenek (mint például az elektron helye, keringési ideje), hogy tehát ezeknek a szabályoknak nincs semmilyen szemléletes fizikai alapjuk, hacsak nem akarunk még mindig ragaszkodni a reményhez, hogy a mondott, mindeddig megfigyelhetetlen mennyiségeket később talán kísérletileg hozzáférhetővé lehet tenni. ...A dolgok ilyen állása mellett tanácsosabbnak látszik reményünket az eddig meg nem figyelt mennyiségek (így az elektron helye, keringési ideje) megfigyelésére teljesen feladni, ...és kísérletet tenni egy a klasszikus mechanikával analóg kvantumelméleti mechanika kiépítésére, melyben csak megfigyelhető mennyiségek közötti összefüggések fordulnak elő."[1] Heisenberg, mint látjuk, egy szigorúan szakmai jellegű cikkében a felvetődő fizikai problémák megoldására tett javaslatai során a fizikán kívül eső területről, éspedig a machi pozitivista filozófiából veszi az analógiát.[2] Ezt követően aztán már nem meglepő a kauzalitás – a meghatározottság tagadása, hiszen a pozitivizmus elveiből ez következik.

A kvantummechanika azonban egy másik ágon is fejlődésnek indult, amely teljesen a klasszikus fizikán és annak determinizmus-koncepcióján alapult. Ezt a területet a *de Broglie* által javasolt és a *Schrödinger* munkássága révén megvalósult hullámmechanika képviselte. E két, különböző utakon fejlődő elmélet a későbbiekben matematikailag ekvivalensnek bizonyult.

Kialakultak általánosabb megfogalmazások is, amelyek mindkét elmélet alapjait magukba foglalták, és *Born* találta meg a leginkább elfogadható értelmezést a kor fizikusai számára. E szerint a részecskék lehetséges pályáit az energia- és impulzustétel korlátozza, annak a valószínűségét pedig, hogy a részecske egy adott pályán mozogjon, a hullámmechanikai Ψ-függvényértékek eloszlása határozza meg. A részecskék mozgása valószínűségi törvényeket követ, maga a valószínűségeloszlást megadó Ψ-függvény azonban az okság elvével összhangban változik. Born szerint az okság fellelhető ugyan a kvantummechanikában, de annak nem minden területén. Born ugyanis a valószínűségi és az oksági törvényeket szembeállítja egymással. Végső konklúziója, hogy az egyes események kauzálisan nem meghatározottak, s ennek következtében praktikusan indeterminálták.

A kvantummechanikának ebben a viszonylag korai, de már eredményekben gazdag korszakában két, a determinizmust alapvetően érintő probléma jelentkezett: *a)* az elmélet valószínűségi törvényeket is magába foglal; *b)* bizonyos egyedi jelenségek viselkedését nem lehet nyomon követni. Ami az első problémát illeti, a marxista filozófia a mechanikus-metafizikus determinizmus-koncepciót kritikailag meghaladva megállapította, hogy az úgynevezett dinamikus törvények a determináció nem egyedül lehetséges formái, és a valószínűségi törvények sem mások, mint az objektív determináció sajátos formái. Ebben az esetben tehát nem a determinizmus és indeterminizmus, hanem a mechanikus-metafizikus, valamint a dialektikus determinizmus szembeállításáról lehet csupán szó. A második probléma a kvantummechanika fejlődése során, éspedig a határozatlansági reláció felfedezésével tovább bonyolódott.

Heisenbergnek a határozatlansági relációt ismertető cikkében a pozitivizmus még határozottabb formát ölt. „Az elektron helye" kifejezésnek – írja – csak akkor van értelme, ha olyan konkrét kísérleteket tudunk megadni, amelyekkel ez meghatározható, sőt arra a megállapításra jut el, miszerint ez a „hely" csak a megfigyelés következtében jön létre. Szerinte a határozatlansági relációnak az a következménye, hogy egy adott objektumot meghatározó összes adat megismerése elvileg lehetetlen. Azt vallja,

hogy a statisztikus világ mögött értelmetlen egy másikat feltételezni, a fizikától pedig csak azt kívánhatjuk, hogy formálisan leírja az észleletek kapcsolatát. Szerinte be kell látni, hogy a kvantummechanika a kauzalitás törvényének érvénytelenségét bizonyítja.

Érinti-e – és ha igen, hogyan – a határozatlansági reláció a determinizmus elvét? Heisenberg, miután pozitivista analógiából indul ki, az ontológiai értelemben vett meghatározottságot azonosítja az ismeretelméleti, illetve kísérleti meghatározhatósággal vagy meghatározással. A determinizmust, vagyis az ontológiai meghatározottság létét csak az cáfolná, ha nem a mérések, hanem az önmagukban vett objektumok lennének meghatározatlanok. Ez azonban nem bizonyítható. Jóval később *Fényes Imre* mutatta ki azt, hogy a határozatlansági reláció típusú formulák a statisztikus elméletek elemeit képezik és nem utalnak tényleges határozatlanságra, sőt még a pontos mérést sem zárják ki. Mivel ilyen mérést sem 1927-ben, sem azóta nem tudtak végezni, megmaradt a Heisenberg-féle értelmezés, sőt Bohr ezt a komplementaritás elvévé fejlesztette tovább. Az akkor már Nobel-díjas dán fizikus a Volta-ünnepség alkalmából megtartott előadásában kifejtette, hogy mivel az atomi folyamatokban diszkontinuus vonások figyelhetők meg, így ezek kauzális tér–időbeli leírásáról részben le kell mondani. Minden megfigyelés egyben a mérőeszközzel való kölcsönhatást jelenti, ezért a tér–időbeli leírás és a kauzalitás komplementer, de egymást kizáró idealizációk. Konkrét fizikai objektumok esetében a komplementaritás úgy jelentkezik, hogy ezek bizonyos kísérletekben individuális részecskeként, máskor hullámok módjára viselkednek. Bohr lényegében lemond arról, hogy ezeket a tulajdonságokat egységükben értelmezze.

A kvantummechanika ily módon a jelenségeket értelmező és fizikai tartalommal rendelkező elmélet helyett jól működő formalizmussá válik. Heisenberg pozitivista alapgondolata Bohrnál „elméletté" kristályosodott ki. A machi pozitivizmus középpontjában az érzet állt, Bohr koppenhágai iskolájának a mérés a fő problémája. Mivel a mérőeszközzel való kölcsönhatás ellenőrizhetetlen, szakítani kell a kauzális leírással, a tér–időbeli mozgás nyomonkövetésével. A körülbelül egy hónappal később megtartott Solvay-kongresszuson – ahol Bohr ismét kifejtette nézeteit – az elnöklő *Lorentz* megállapította: „tehát Önök az indeterminizmust alapelv rangjára akarják emelni"[3].

Ezen a kongresszuson, melyen a modern fizika legnevesebb szakemberei vettek részt, Lorentz nemcsak bírálta a koppenhágai iskolát, de talán ő tapintott rá leginkább a pozitivista felfogás hiányosságaira. Nem értett

egyet azzal, hogy egy alapelv kimondásával akarnak megtiltani bizonyos irányú kutatásokat. Véleménye szerint a valószínűség fogalmát nem lehet a priori axiómaként behozni a fizikába. Lorentz jól látta, hogy az indeterminizmus hosszú távon akadályozza a tudományos kutatást. A konferencián Bohr és Heisenberg legkeményebb ellenfele *Einstein* volt, aki különböző gondolatkísérletek segítségével támadta az elmélet leggyengébb pontjait, feltárta paradoxonjait. Még az indeterminizmus hívei sem voltak teljesen egységesek, így például *Dirac* szerint az elektron lehetséges állapotai közül a természet választja ki a megfelelőt, amit aztán kísérletileg meghatározhatunk, míg Heisenberg azt vallotta, hogy a választást a megfigyelő végzi el.

A kvantummechanika fejlődése során, a siker érdekében olyan új matematikai módszereket vezettek be, melyek elvileg megfigyelhetetlen elemeket is behoztak a számításokba. Így azonban nem teljesülhettek a Heisenberg által támasztott eredeti követelmények. Ezen és más hiányosságok kiküszöbölése érdekében *Neumann* egzakt matematikai alapokra helyezte a kvantummechanikát. Kimutatta, hogy a kvantummechanikában a szigorú okságnak megfelelő, de azzal összeegyeztethetetlen folyamatok is megfigyelhetők. Ez utóbbiakkal kapcsolatos két legfontosabb tétele a következő: a kvantummechanikában előfordulnak egyidejűleg nem mérhető fizikai mennyiségek (ez a határozatlansági reláció mélyebb tartalma); az elmélet függvényei, egyenletei mögött nincsenek rejtett paraméterek (tehát az állítások statisztikus jellege nem szüntethető meg). Ezek a tételek ugyan az elméletből levezetettek, valójában azonban már a kiinduló feltevésekben benne foglaltatnak. Neumann elméletének felépítését ugyanis annak leszögezésével kezdi, hogy az adott rendszert statisztikus módszerekkel kívánja vizsgálni. Ehhez egy rendezetlen sokaságot feltételez, márpedig a valószínűségszámítás alapelemeit nem az individuális paraméterek, hanem az azokból alkotott valószínűségi eloszlások képezik. A valószínűségszámítás módszereivel ezek között az eloszlások között megállapíthatunk összefüggéseket, de semmiképpen sem kaphatunk visszautalásokat az individuális paraméterekre. Ez így van minden statisztikus elmélet esetében, és nem a kvantummechanika sajátossága. A kockadobásra vonatkozó statisztikák közül egyik sem adhat semmilyen információt a soron következő dobás kimenetelére nézve, de az mégis egyértelműen meghatározott lesz, sőt a (klasszikus) fizika törvényeivel le is írható. Neumann és a korabeli fizikusok ezt nem vették észre, így a többség számára úgy tűnt, hogy a kvantummechanika egzakt alapokra helyezése egyben az indeterminizmust is alátámasztotta.

A fizikába behatoló pozitivizmus és indeterminizmus tehát megerősödni látszott és tovább terjedt. Bohr a komplementaritási elvet kiterjesztette a gondolkodás, az érzelmek és az akarat területére. „Minden olyan fogalom jelentése viszonylagos, mely a szempontválasztások önkényességétől függ... egy és ugyanazon tárgy minden oldalú értelmezése különböző szempontokat tehet szükségessé, s ezek megakadályozzák az egyértelmű leírást. ... Aligha volna túlzás, ha már a fiziológiai tapasztalatokról is azt állítanánk, hogy a tér és idő fogalmának lényege csupán a mérőeszközzel való kölcsönhatás elhanyagolhatóságából adódik és nyer értelmet. ... Különösen mélyreható analógia található egyrészt az asszociatív gondolkodás folytonos előrehaladása és a személyiség egységének beigazolódása közti ellentétben, valamint az anyagi részecskék szuperpozíció által uralt hulláma leírásának viselkedése és ezek zavartalan individualitása között."[4] Az indeterminista következtetések bekerültek a népszerűsítő irodalomba. *Reichenbach* egy 1930-as rádiósorozatában a modern fizika eredményeit értékelve a következő kijelentéseket tette: „A természet tehát nincsen maradéktalanul meghatározva. ... A kauzális és a statisztikus világkép között a döntés a statisztika javára történt."[5]

AZ INDETERMINISTA FELFOGÁSOK BÍRÁLATA

A pozitivizmus és az indeterminizmus terjedése ellenére továbbra is voltak fizikusok, akik kitartottak a természet objektív meghatározottsága mellett. Fellépésük azonban nem volt eléggé egyértelmű. A legjelentősebbek közül most két fizikus nézeteit említjük meg. *Planck* szerint a determinizmus vagy indeterminizmus melletti döntés nézőpont kérdése, bár világosan látja, hogy „az a folyamat, amelyben az indeterminizmusnak csak a nyoma is közrejátszik, mint egész indeterminált ... az indeterminizmust vagy teljesen kikapcsoljuk, vagy pedig alapjában mindenhová bevezetjük. ... Ezzel azonban az indeterminizmus keresztülvitelének a nehézségei mérhetetlenül megnövekszenek. ... az univerzális állandókat sem lehetne többé határozott számértékkel kifejezni ... mert elvileg pontos értéket csak elvileg pontos egyenletből lehet nyerni, ilyen pedig már nem létezhetnék."[6] Einstein – ahogy már 1927-ben, úgy a későbbiek során is – gondolatkísérletekkel világított rá a kvantummechanika paradoxonjaira. Tény, hogy olyan írása is van, amelyben elfogadja az indeterminiz-

must, általában azonban ragaszkodik a meghatározottság elvéhez. Egyik cikkét a következőképpen fejezi be: „noha kimutattuk, hogy a hullámfüggvény nem adja a fizikai valóság teljes leírását, nyitva hagytuk azt a kérdést, hogy egyáltalán létezik-e ilyen leírás. Véleményünk szerint azonban lehetséges ilyen elmélet."[7]

A dialektikus materializmus alapján álló fizikusok és filozófusok természetesen nem nyugodhattak bele a kvantummechanika indeterminista interpretálásába. *Omeljanovszkij* arra a következtetésre jutott, „hogy Heisenberg határozatlansági elve, akárcsak Bohr kiegészítési elve nem más, mint a mikroszkópikus testek kettős természetével... kapcsolatos tényeknek bizonyos általánosított kifejezése. ...Ily módon Bohr kiegészítési elvének semmi, de semmi köze sincs ahhoz az agnosztikus követeléshez, mely gátat akar szabni az atomméretű testek mozgási állapotának meghatározása számára. ...A modern kvantummechanika az atomfolyamatok fizikai magyarázatára csupán a klasszikus fizika fogalmait használja fel, mégpedig meglehetősen hiányosan alkalmazza a régi fogalmak szkémáját; a klasszikus fizika fogalmai együttes felhasználásának lehetőségeit a Heisenberg-féle elv állapítja meg."[8] V. *Lvov* azonban „Az idealizmus ellen a fizikában"[9] című tanulmányában a kvantummechanika pozitivista értelmezésének átfogó bírálatát adva néhol túlzásokba esik és az elmélet valódi eredményeit is elveti. Az 50-es években a Szovjetunióban az ortodox interpretáció bírálata során három, egymással is polemizáló és egymástól független értelmezés született.

Az első *Fock* nevéhez fűződik. Ez az értelmezés lényegileg nem különbözik a koppenhágai iskola felfogásától. E szerint a mikroobjektum állapota abban az értelemben objektív, hogy a mérési folyamat során kapható eredmények potenciális lehetőségei a megfigyelőtől függetlenek. A reális, vagyis a megvalósult állapot viszont már a mérés (észlelés) függvénye. Az indeterminizmus tehát Fock szemléletében is alapelv maradt: a kauzalitás a potenciális valószínűségekre vonatkozik és nem a tényleges eseményekre.

Blohincev „kvantumsokaságok" elmélete már meghatározottnak tartja az individuális jelenségeket is. Az így értelmezett kvantummechanika azonban csak az individuumokból alkotott sokaságok törvényeit foglalja magába.

A harmadik irányzatot *Tyerleckij* képviseli. Ez a koncepció egy szubkvantummechanikai mozgásformát tételez fel, melynek alapján a kauzalitást elsőrendű szerephez juttatja. Ez a felfogás *Bohm* elméletével[10] párhuzamosan jött létre.

Ebben az időben vetette fel Fényes az elmélet két részre oszthatóságának gondolatát (amire a már említett interpretációk is utaltak). Szerinte létezik egy egzakt matematikai és logikai formalizmusra épülő, egyértelmű, „absztrakt" elmélet, melynek a kvantummechanika elért eredményeit köszönheti, s van egy másik, az előzőhöz kapcsolt, helyenként a fölé kerekedő, nem egzakt, úgynevezett „szemléletes" elmélet. Ez utóbbi képezi a fizikai idealizmus alapját.[11]

Ezeken a próbálkozásokon túlmenően már a kvantummechanika kezdeti időszakában, és az utóbbi évtizedekben újult erővel kísérelték meg a kvantummechanikát helyettesítő, vagy azt új alapokra helyező elmélet kidolgozását. E törekvések közös jellemzője: a determinizmus elvének érvényre juttatása a modern fizikában. Ezen a téren döntő szerepe volt de Broglie-nak, aki már a kvantummechanika kialakulásakor megpróbálta az elméletet determinisztikus alapokra helyezni. Két évtizeddel később kezdeti kísérleteit érettebbekkel váltotta fel. Az ő hatására és biztatására születtek meg mások hasonló célkitűzésű próbálkozásai, melyek létrejöttéhez személyes közreműködésével is hozzájárult.

DE BROGLIE DETERMINISTA TÖREKVÉSEI A KVANTUMMECHANIKA KIALAKULÁSÁNAK IDŐSZAKÁBAN

Louis de Broglie fizikával 1911-ben kezdett el foglalkozni. Ebben az időben bátyja már elismert fizikus és az első Solvay-kongresszus titkára volt, és öccsét megismertette az értekezlet anyagával. Ennek hatására de Broglie *Poincaré*, Lorentz és *Langevin* elméleti munkái, valamint *Boltzmann* és *Gibbs* statisztikus fizikai tevékenysége mellett elsősorban Planck, Einstein és Bohr kvantumproblémákat tárgyaló cikkei iránt érdeklődött. Jó érzékkel fordult a klasszikus analitikus mechanika irányába, behatóan tanulmányozta a Hamilton–Jacobi elméletet, melyben már akkor a hullámok és a részecskék egyesítésének lehetőségét kutatta. Hasonló megfontolás alapján foglalkozott a relativitáselmélettel is.

A hullám–részecske kettősség problémájának megoldásában de Broglie elsősorban Planckra és Langevinre támaszkodhatott. Planck a folytonos és a kvantumos jelenségek ellentmondásaival foglalkozó előadását, amit a Nobel-díj átvétele alkalmából tartott 1920-ban, a következő szavakkal zárta: „Akárhogy is lesz azonban: nem lehet kétség aziránt, hogy a tu-

domány egyszer ura lesz ennek a dilemmának is, és hogy ami ma számunkra nem kielégítő, egykor egy magasabb nézőpontról éppen különleges harmóniájával és egyszerűségével fog kitűnni."[12] Langevin szerepére Kapica így emlékszik vissza: „könnyen lehet, hogy Langevin támogatása nélkül de Broglie nem lett volna olyan merész nagyszerű elgondolásának hirdetésében"[13].

De Broglie az I. világháború után röntgenspektrumok és a fotoelektromos effektus kutatásával foglalkozott bátyja laboratóriumában. Ezek a kísérletek vezették el a feketetest-sugárzás és a fénykvantumok összefüggésének Planck által már felfedezett elvéhez. 1922-ben két cikket publikált ebből a témakörből. E cikkek önálló tudományos értéke is nagy, hiszen bizonyos törvényszerűségek megfogalmazásával ezekben találkozhatunk először. Igazi jelentőségük talán mégis abban áll, hogy itt találhatók meg de Broglie későbbi hullámmechanikai elgondolásainak csírái. A cikkek megjelenése előtt a még egymástól elszakított hullám és részecske fogalmai egy adott jelenség értelmezése kapcsán itt kerültek először együttes alkalmazásra. Mindez világossá tette de Broglie számára, hogy a két fogalom között valamiféle szintézist kell létrehozni. Ennek kiindulópontját de Broglie korai koncepciója – egy terjedő hullám szerkezetébe ágyazott kis méretű, lokalizált objektum testesítette meg.

1923-ban kristályosodott ki az a véleménye, hogy a hullám- és a részecskekép egyesítését a fényen kívül minden korpuszkulumra, így például az elektronra is ki kell terjeszteni. Ezt a gondolatot a fény korpuszkuláris természetén kívül többek között az inspirálta, hogy a geometriai optika Fermat-elve és a klasszikus dinamika legkisebb hatás elve sok hasonlóságot mutatott egymással, így lehetségesnek látszott, hogy ha a geometriai optika mögött ott áll a hullámoptika, úgy a dinamika mögött is feltételezhető a hullámmechanika jelenléte. Mindebből azt a következtetést vonta le, hogy minden szabad részecskéhez egy vele kapcsolatos hullámterjedés rendelhető.

Megjegyezzük, hogy de Broglie munkásságának következő időszakában is rendkívül nagy szerepet játszott a geometriai- és a hullámoptika, illetve a klasszikus analitikus mechanika és a hullámmechanika viszonya közötti analógia. Az analógiának a tudományos elméletek létrehozása során megmutatkozó jelentőségére bizonyára Poincaré „Tudomány és feltevés" című műve hívta fel figyelmét, amit még egyetemi évei alatt olvasott. Az említett analógia részletes kifejtése vezette el a későbbiek során a Bohr-pályák stabilitásának magyarázatához, majd pedig a Schrödinger-egyenlet relativisztikus általánosításához.[14]

De Broglie 1924-ben védte meg doktori disszertációját, melyben pontos kvantitatív összefüggést állapított meg a részecskékhez hozzárendelt hullám frekvenciája és hullámhossza, valamint a részecske energiája és impulzusa között. Kimutatta, hogy elmélete a fotonelmélet addigi eredményeire épül, s ez az atomon belül található elektronra alkalmazva az eddigieknél jobb magyarázatot ad a stacionárius állapotokra. Végül utalt arra, hogy a geometriai optika és a hullámoptika analógiájára ki kellene dolgozni a klasszikus dinamikánál általánosabb érvényű mechanikát. Programjának megvalósításában azonban több nehézségbe ütközött. A részecskék pályáját ugyanis nem lehetett a geometriai optika sugaraihoz hasonlóan leírni, így a kitűzött feladatok megoldásához már mások jutottak el. Heisenberg 1925-ben egészen más úton haladva (fenomenologikus, pozitivista módon) megalkotta a mátrixmechanikát, Schrödinger pedig de Broglie útmutatásait követve, 1926 elején megadta a hullámmechanika alapegyenletét. Láthatjuk, hogy de Broglie könnyen tudott kapcsolódni az új elmélethez, néhány vonatkozásban – főleg relativisztikus irányban – pedig rögtön tovább is fejlesztette azt.

Bennünket most elsősorban a hullám–részecske szintézisére irányuló kísérletekben elfoglalt álláspontja érdekel. Ebben a kérdésben bizonyos mértékig szembekerült Schrödingerrel. Schrödinger a hullám–részecske dualizmus megoldását úgy képzelte el, hogy csak a hullámoknak tulajdonított fizikai realitást. Szerinte a részecskék viszonylag stabilan összekapcsolt hullámcsomagok, és nem elsődleges létezők. De Broglie az ultraibolya sugárzás elnyelődéséből arra következtetett, hogy az elektron energiája egy pontban lokalizálódik. Továbbra is kitartott tehát eredeti elképzelése mellett, sőt továbbfejlesztette és az anyagi pontot (tömegpontot) mint szigorú szingularitást definiálta.

A másik fontos problémát a részecskerendszerek leírása képezte. Schrödinger az N mozgó testből álló rendszerhez egy $3N$ dimenziós térben terjedő hullámot rendelt. Ezzel szemben de Broglie szerint a társult hullámoknak fizikai realitásuk van, vagyis azok valós tér–időben terjednek.

De Broglie részben kísérleteken, részben elméleti meggondolásokon alapuló álláspontját 1927 májusában, a „Journal de Physique"-ben megjelent cikkében fejtette ki a legvilágosabban, amit matematikai formulákkal támasztott alá. A hullámmechanikával kapcsolatban már a bevezetőben azt írta, hogy a különféle elméletek eddig csupán egy statisztikus kép kialakulásához vezettek, és az egzakt leírás valószínűleg csak szingularitásokat is megengedő hullámok segítségével lehetséges. Számításait a szabad részecskére vonatkozó terjedési egyenlettel vezette be. Bizonyította,

hogy a Schrödinger-féle „hullámcsomag" helyett, az egyenletnek vannak olyan megoldásai is, melyek szingularitáson alapulnak. Ily módon a részecske meghatározott helyet foglal el a térben, és a statisztikus jellemzésnek elsősorban a független részecskék áramlása esetén van jelentősége.

A matematikai nehézségek miatt azonban állítását bonyolultabb esetekben (így az állandó erőterekre nézve) nem tudta bizonyítani, hanem csak feltevésként fogalmazta meg. „Ezt a feltevést a továbbiakban »a kettős megoldás elvé«-nek fogjuk nevezni, mivel a terjedési egyenletnek ugyanazzal a fázisfaktorral két színuszos megoldása van, amelyek közül az egyikre a pontszingularitás, a másikra pedig a folytonos amplitúdó jellemző. Ez természetesen ideiglenesen felállított elv abban az értelemben, hogy szigorú okfejtéssel megerősíthetőnek kell lennie, vagy ellenkezőleg; mindenesetre az anyag és a fény atomi szerkezetének összeegyeztetése és a klasszikus optika valamint a Schrödinger-elmélet sikere erősen ezt sugalmazza."[15]

Ugyanezt a hipotézist állította fel a változó erőterekre vonatkozólag, majd áttért az anyagi részecskékből álló rendszerek mozgásának tárgyalására. Már említettük, hogy az N részecskéből álló rendszert Schrödinger a $3N$ koordinátából felépített konfigurációs térben haladó hullámmal írta le. De Broglie felismerte az ezzel kapcsolatos alapvető problémákat, így azt is, hogy ha a mikromechanikában nem beszélhetünk többé az anyagi részecske helyzetéről, akkor mi lehet az $x_1 \ldots, z_N$ koordináták jelentése? Ennek áthidalása érdekében azt kell feltételeznünk, hogy az anyagi részecske helyzete meghatározott. A másik nehézség a már szintén említett $3N$ dimenziós hullám realitása és ezzel magának a Schrödinger-egyenletnek a jelentése.

Két részecskére vonatkozó számításai alapján általánosságban azt állapította meg, hogy a Schrödinger-egyenletnek csak akkor van értelme, ha a részecskének jól meghatározott helye van a térben. Az egyenlet azonban a hullámterjedés fizikai természetéről nem mondott semmit. Az amplitúdónégyzetek értékei viszont megadták annak a valószínűségét, hogy a rendszer adott állapotokba kerüljön, amennyiben a kezdőfeltételek ismeretlenek.

De Broglie tehát a hullám–részecske kettős problematikáját oly módon kívánta megoldani, hogy a hullám és a részecske viselkedése között szoros összefüggést feltételezett és a részecskét a hullámba zárta be. Matematikailag ez úgy jutott érvényre, hogy a Schrödinger-egyenletnek két színuszos megoldását feltételezte, melyek közül az egyik amplitúdóját folytonosan változónak, a másikét viszont szinguláris nak képzelte. Az előbbi a ré-

szecske mozgását statisztikus valószínűséggel írja le, az utóbbi viszont a részecske pontos helyét adja meg. A két megoldást a fázis azonossága kapcsolja össze. Ezzel a feltevéssel sikerült értelmeznie a Schrödinger-egyenletet, bár a megoldás során jelentős matematikai nehézségek merültek fel. Így például a szinguláris megoldások létezését csak a legegyszerűbb esetekben sikerült bizonyítania, máskor csak feltevéssel tudott élni. Ezek után többek között az a feladat hárult rá, hogy kizárólag szinguláris megoldások segítségével építse fel például az interferencia jelenségeinek elméletét.

A matematikai nehézségek miatt de Broglie elméletének egy óvatosabb változatát is nyilvánosságra hozta. E szerint az anyagi részecske és a ψ-függvény reprezentálta folytonos hullám egymástól különböző realitások, és a részecske mozgását a hullám fázisa határozza meg. Folytonos hullám irányítja továbbá a részecske mozgását is, s ez az úgynevezett vezérhullám.

De Broglie-t ekkortájt kérte fel Lorentz arra, hogy a soron következő Solvay-kongresszuson tartson előadást a hullámmechanikáról és értelmezéséről. A felkérésnek eleget téve de Broglie az elmélet enyhített változatával állt elő, vagyis lemondott arról, hogy a részecskét belezárja a hullámba. Pusztán azt állapította meg, hogy két különböző természetű létezőről kell beszélni. Továbbra is megtartotta viszont a determináltan mozgó, lokalizálható részecske fogalmát. Elméletét nem sikerült elfogadtatni a brüsszeli konferencián. Planck, Lorentz, Langevin ragaszkodtak ugyan a klasszikus determinista felfogáshoz, de konkrét esetekben nem alkalmazták módszerét, így de Broglie-t sem tudták támogatni. Egyedül Einsteintől kapott egy kevéske biztatást, aki a hullámfüggvény interpretációs problémáit vázolva helyeselte de Broglie kutatásainak irányát. Schrödinger, mivel a részecskéket nem tartotta független létezőknek, nem figyelt fel a vezérhullám-elméletre, Bohr, Born, de különösen Heisenberg, Dirac és Pauli pedig szemben álltak ezzel!

Munkásságának kezdeti korszakában de Broglie világnézetét igen nehéz rekonstruálni. Ebben az időszakban kizárólag szakfolyóiratokban publikált, így a fizika bizonyos vitás kérdéseiben elfoglalt álláspontjaiból kell visszakövetkeztetnünk nézeteire, és csupán néhány közbevetett megjegyzésére támaszkodhatunk. Későbbi visszaemlékezései ugyancsak támpontot adhatnak, de a rekonstrukciót az is megnehezíti, hogy életének különböző szakaszaiban más és más gondolatokat tartott fontosnak és korábbi elképzeléseiről is eltérő értékeléseket adott. Tanulmányunkban – részben terjedelmi okok miatt – a társadalomról alkotott véleményére nem térhetünk ki, csak a fizikával kapcsolatos nézeteire korlátozzuk figyelmünket.

Világnézetének legérdekesebb vonása, hogy bár fizikusként könnyen a machi pozitivizmus hatása alá kerülhetne, ez mégsem történik meg. Ennek egyik okát abban látjuk, hogy elsősorban az elméleti fizika érdekelte és többségében olyan fizikusok munkásságát tanulmányozta, mint a hagyományos materialista felfogáshoz ragaszkodó Lorentz vagy Langevin, illetve a Machhal aktívan szembeszálló Boltzmann és Planck. Hatásukra elvetette a szubjektivista elméleteket.

Később viszont, amikor felfogására már a pozitivizmus jellemző, determinisztikus nézeteiről például azt állította, hogy azokhoz inkább megszokásból, mint filozófiai meggyőződésből ragaszkodott. De Broglie-nak bizonyosan igaza volt abban, hogy esetében nem egy tudatos filozófiai materializmusról és determinizmusról volt szó. A „megszokás" azonban önmagában nem tűnik elegendő indoknak, hiszen álláspontját éveken keresztül, főleg a hullám–részecske kettősség értelmezésében próbálta következetesen érvényesíteni. „A fizikai világ természetéről alkotott nagyon is »realista« elképzelésem és a tisztán absztrakt meggondolásokhoz való némi hajlamom révén, a hullámok és a részecskék egyesítését bizonyos fokig konkretizálni akartam; a részecske egy apró lokalizált objektum lett volna, ami a terjedő hullámba van beágyazva."[16]

A részecske–hullám egységének gondolatához való ragaszkodás és az ennek konkrét leírására való törekvés évekre meghatározta munkásságának fő irányát, és ez vezette az elektron hullámtermészetének Nobeldíjas felfedezéséhez, de még ezen túl is nagy szerepet játszott kutatásaiban. Egy 1924-es cikkében írja: „Semmiféle elmélet nem lesz igazán világos, ha nincs benne meghatározva a hullám szerkezete és a részecskét

alkotó szingularitás természete, amit tökéletesen le lehetne írni a hullámszempont alapján."[17] A fogalmazás itt kissé félrevezető, bár de Broglie nem akarta a részecskét azonosítani a hullámmal, hanem ragaszkodott az atomos jelleg fenntartásához.

Az egység mibenlétének meghatározása összhangban volt de Broglienak a fizika (és általában a tudomány) szerepéről vallott felfogásával. Erről a hullámfüggvény statisztikus értelmezése kapcsán a fizika „magyarázó" küldetéséről, valamint a világos és konkrét fizikai világképről tett megjegyzései tanúskodnak. De Broglie a pozitivista iskolákkal szemben a tudósoknak ahhoz a Galilei által vezérelt csoportjához tartozik, mely szerint a tudomány feladata a világ megismerése, a jelenségek megmagyarázása.

Ez utóbbi csakis a determinizmus keretei között lehetséges. Ebben az időszakban de Broglie, korábbi tudományos tevékenysége és oktatómunkája hatására úgy gondolta, hogy a valódi tudomány haladásának alapját a fizikai realitásoknak a térben és időben történő szemléletes ábrázolása, s változásaik szigorú determinizmusa képezi. A determinizmus alapján szállt szembe a jelenségek statisztikus-valószínűségi értelmezésével. Ahogy sokkal később – tevékenységének harmadik korszakában – fogalmaz: „annak kimutatására, hogy a valószínűségi eloszlás nem határozhat meg észlelhető fizikai jelenséget, az alábbi, szinte magától értetődő megjegyzést hozhatjuk föl. Egy halandósági táblázat megadhatja például Párizsban 1965-ben az elhalálozási valószínűségeket, de nem a táblázat az igazi halálok. Amikor valaki meghal, azt betegség, baleset vagy más ok idézi elő, de semmi esetre sem a halandósági táblázat. Ámde rejtetten éppen hasonló dolgot tételeznek fel a kvantummechanika szokásos értelmezésében."[18] Ebből a részletből kiderül, hogy de Broglie determinizmus alatt az okságot értette, ami arra utalhat, hogy mechanikus materialista volt. Azonban erről nincs szó. De Broglie korában ugyanis a determinizmusnak az oksággal való azonosítása még mindig általános volt a természettudósok körében. Ezt figyelembe véve de Broglie helyesen bírálta a jelenségek statisztikus-valószínűségi értelmezését, mint olyan irányzatot, mely nem mutat rá a jelenségek valódi okaira.

A mechanikusság és metafizikusság vádja egyébként is gyakran előfordul az olyan típusú gondolkodókkal szemben, mint de Broglie. Sokan azt vetették a szemére, hogy de Broglie a klasszikus, túlhaladott korszakhoz nyúl vissza ahelyett, hogy új módon értelmezné a jelenségeket. A valóságban azonban de Broglie nem fél az újításoktól, a metafizikától pedig elzárkózik. Ezt bizonyítja például az 1927-ből származó „The Universe of

Five Dimensions and the Wave Mechanics" (Az ötdimenziós Univerzum és a hullámmechanika) című cikke is, melyben a kvantummechanika és a relativitáselmélet együttes alkalmazása érdekében matematikai eszközökhöz nyúl, éspedig azzal a céllal, hogy kiküszöbölje a mechanikus világnézet egyik alappillérét, az erő fogalmát. „Az ekvivalencia-elv egyik kiemelkedő következménye, hogy felszámolta a gravitációelméletben az erő metafizikus fogalmát. ... A gravitációs mező interpretációjának sikere kívánatossá teszi az erőfogalom egészének kitörlését a fizikából."[19] Ezzel a gondolattal vezeti be tanulmányát, majd az alkalmazott matematikai apparátus eredményeit a következőkben összegzi: *„az erő fogalmát teljesen száműztük a mechanikából"*[20]. Természetesen nem arról van szó, hogy a tanulmányában vázolt törekvések sikerrel jártak volna, pusztán anti-metafizikus hozzáállását szerettük volna illusztrálni. Ezt az alapszemléletet támasztja alá a részecske–hullám kettősséggel kapcsolatban elfoglalt – korábban már említett – álláspontja is, melynek során egy objektumban két ellentétes tulajdonságot, a részecske jelleget és a hullámszerűséget együtt tételezi. Észreveszi tehát, hogy az ellentétes tulajdonságok csak együtt, egymást feltételezve fordulnak elő, és így próbálja szemlélni őket. A konkrét megoldás helyességétől vagy helytelenségétől függetlenül törekvése pozitívan értékelendő, míg például a koppenhágai iskola komplementaritás-elve az ellentétes tendenciákat metafizikusan elhatárolja egymástól.

Ismételten szeretnénk hangsúlyozni, hogy de Broglie-tól igen távol álltak a pozitivizmus nézetei. Annyira idegenkedett tőlük, hogy az ebben az időszakban publikált cikkeiben jóformán nem is foglalkozott például Heisenberg álláspontjával. Eredményeire csak néhányszor hivatkozott, s elméletét mint matematikai formalizmust – úgy tűnik – nem tekintette a fizika szempontjából releváns elméletnek. A mérsékeltebb álláspontot képviselő *Born* felfogásával már valamivel többet törődött. „Born számára valójában nincsenek mások, csak valószínűségek: az individuális jelenségek determinista vizsgálatával fel kellene hagyni, mivel egyedül a statisztikus jelenségek valószínűsége meghatározott. Nézőpontunk szerint éppen ellenkezőleg; az anyagi részecske léte realitás, mozgása ugyanúgy meghatározott, mint a terjedő hullám amplitúdójának szingularitása. Persze hozzá kell tenni, hogy akárcsak a régi mechanikában, a részecske mozgása függ a kiinduló feltételektől. Ha ezeket – legalábbis bizonyos mértékig – nem vesszük figyelembe, akkor beszélhetünk annak valószínűségéről, hogy az anyagi pont egy adott pillanatban a tér egy adott térfogatelemében található; ez az a valószínűség, amit folytonos hullámok

vizsgálatával nyerhetünk."[21] Ebből az idézetből a Born-féle statisztikus interpretáció bírálatán túlmenően még arra is következtethetünk, hogy de Broglie a statisztikus-valószínűségi törvényeket csak mint szubjektív eredetűeket tudta elképzelni.

A kvantummechanika elméletei közül ebben a korszakban leginkább Schrödinger hullámcsomag-felfogásával bocsátkozott vitába, ami világnézeti alapjait tekintve igen közel állt de Broglie-éhoz. Így például Schrödinger a hullámokat reális létezőknek tekintette, melyekre a determinizmus elve érvényes. Ráadásul, Schrödinger kifejezetten de Broglie munkásságát folytatva jutott el a hullámmechanikához. Az egyedüli különbség, hogy Schrödinger nem tekintette elsődleges létezőknek a részecskéket. Nyilvánvaló, hogy a világnézeti azonosság (materializmus és determinizmus) miatt tartotta de Broglie ezt az elméletet a maga számára igazi konkurrenciának, míg a többit – úgy tűnik – nem vette komolyan.

DE BROGLIE HATÁSA

A pozitivizmustól való kezdeti távolmaradását azért hangsúlyoztuk, mert de Broglie munkásságának következő korszakában, mégpedig a Solvay-kongresszust követően már elfogadta a pozitivisták álláspontját és csatlakozott a koppenhágai iskolához. Véleményét a még mindig fennálló matematikai nehézségek, továbbá annak következtében változtatta meg, hogy a fizika konkrét problémáinak megoldásán dolgozó fiatalabb generáció többsége Heisenberg álláspontját tette magáévá, és széleskörűen alkalmazta a hatékony matematikai apparátust, kevésbé törődve az értelmezés problémáival. De Broglie most már maga is az ortodox értelmezés szerint adott elő, írt és folytatta saját kutatásait. Íme egy példa arra, hogy a társadalmi, a filozófiai és a tudományos légkör mennyire meghatározó szerepet tölt be az egyén nézeteinek alakulásában.

A determinisztikus törekvések sorsa szempontjából a kvantummechanikában szinte szimbolikusnak tekinthető de Broglie nézeteinek változása. A csaknem huszonöt évig tartó pozitivista korszaka után ugyanis ismét visszatért eredeti elképzeléseihez és újra megpróbálta determinisztikus alapokra helyezni a kvantummechanikát. A visszatérés oka – mint majd látni fogjuk – részben kívülről jövő biztató jelekre vezethető vissza,

másrészt viszont arról van szó, hogy de Broglie belsőleg sohasem tudott teljesen megbékélni a determinizmus elvetésével. Más irányzatokkal kapcsolatban is megfigyelhető, hogy bár a „fizikus társadalom közvéleménye" hiábavalónak tartja az ilyen típusú kutatásokat, és ezáltal nyomást fejt ki ellenük, ezek az irányzatok mégis újra és újra felbukkannak, újabb és újabb próbálkozásoknak lehetünk szemtanúi.

A determinisztikus interpretációs kísérletek második hulláma nem magától de Broglie-tól, de az ő első kísérletei alapján indult ki. 1951-ben az amerikai D. *Bohm* csatlakozott a kettős megoldás elméletének híveihez és vette fel a kapcsolatot de Broglie-val, aki ismét foglalkozni kezdett a problémával. Hasonló módon jelentkezett a párizsi J. P. *Vigier* is. Érdekes, hogy mindkettőjük motivációja a dialektikus materialista világnézet és a modern fizika összeegyeztetésének igénye volt. De Broglie munkatársaival (J. L. Andrade e Silva és G. Lochak) intenzív munkába kezdett, melynek célja a kvantummechanika nem-lineáris egyenletének kutatása volt. A munka során – az előzőekhez hasonlóan – jelentős és nehezen vagy egyáltalán nem megoldható matematikai problémák merültek fel. Vigier és Bohm az ötvenes évek közepére kidolgozták a szubkvantummechanikai szinten megalapozott elméletüket, ami azonban nem nyert elismerést, mivel semmivel sem bizonyult hatékonyabbnak, mint a kvantummechanika, holott ezeket az eredményeket néhány olyan kutató is alátámasztotta, akik más véleményen voltak, de felismerték a kvantummechanika és a statisztikus fizika egyenletei között levő hasonlóságot. Így Fényes már 1952-ben megállapította, hogy a kvantummechanika összes, a klasszikus mechanikát tagadó sajátossága megtalálható a statisztikus elméletekben. Munkáját *Weizel* fejlesztette tovább.[22]

A 60-as évek közepe óta ismét napirendre került a determinizmus kérdése, miután E. *Nelson* kimutatta, hogy a Schrödinger-egyenlet a newtoni mechanikából egy bizonyos típusú Brown-mozgást feltételezve levezethető. A legújabb kutatások azt próbálják kideríteni, hogy a vákuumfluktuáció lehet-e az oka egy ilyen típusú Brown-mozgásnak.[23]

Befejezésül néhány szót kívánunk szólni e törekvések jelentőségéről. A gyakorló fizikusok többségének álláspontját tükrözik ezzel kapcsolatban V. Fock szavai: „nehezebben érthetők meg de Broglie-nak és követőinek az utóbbi években tett ez irányú kísérletei. ... Nem vezetnek egyetlen új fizikai probléma megoldásához sem. ... A gyakorlat kritériuma tehát döntő módon ellene szól ezen tudományos irányzatnak."[24] Ezt a véleményt azonban a magunk részéről nem fogadhatjuk el. A gyakorlat valóban az elmélet igazságának kritériuma, de nem abszolút és

kizárólagos módon, és nem leszűkített, valamilyen holnapra hasznot hozó értelemben. Ennek a szemléletnek az alapján a ptolemaioszi világkép éppen olyan jól írja le a bolygók mozgását, mint a kopernikuszi, hiszen kellő számú epiciklussal, melyekre a nagyobb pontosság érdekében a kopernikuszi leírásnak is szüksége volt, a modell tetszőleges pontossággal illeszthető a mérési eredményekre. A navigációs gyakorlat azonban nem feltétlenül szorult rá Kopernikusz világmodelljére. Azáltal viszont, hogy Kopernikusz megszüntette a Föld kivételes helyzetét, lehetővé tette, hogy a későbbiekben egyesíthessék a földi és az égi mechanikát és megmagyarázzák a Naprendszer keletkezését. Hasonló feladata lenne egy olyan elméletnek, mely a kvantummechanikánál gazdagabb fizikai tartalommal rendelkezne. Egy következetes és dialektikus determinizmusfelfogás talaján álló fizikai elmélet lehetővé tehetné a kvantumelméletnek a fizika többi területéhez való szervesebb kapcsolódását és a részecske-fizika jelenlegi problémáinak megoldását. Ebben rejlik a determinisztikus törekvések jelentősége a kvantummechanikában. De Broglie még ma is érvényes szavaival élve: a „hullámmechanika tisztán valószínűségi értelmezése egy negyed évszázad óta nyilvánvalóan nagy szolgálatot tett a fizikusoknak, mert megakadályozta, hogy elmerüljenek olyan igen nehezen megoldható problémák tanulmányozásába, mint amilyent a kettős megoldásra vonatkozó elképzelés jelent, s így lehetővé tette, hogy határozottan előrehaladjanak a nagyszámú és gyümölcsöző alkalmazás útján. De ma már a hullámmechanika magyarázó ereje, ahogyan azt ma oktatjuk, kimerült."[25]

JEGYZETEK

[1] *W. Heisenberg:* Kinematikai és mechanikai összefüggések új kvantumelméleti értelmezéséről. (in: Kvantummechanika. Akadémiai Kiadó 1971. 11–12. old.)

[2] Ezt tanúsítják „A rész és az egész" c. önéletrajzi írásának első fejezetei is. (*W. Heisenberg:* A rész és az egész. Gondolat 1975.)

[3] A kifejtett új elgondolások vitáját lásd *A. Einstein:* Válogatott tanulmányok. Gondolat 1971. 166. old.

[4] *N. Bohr:* Hatáskvantum és természetleírás. (in: A kvantummechanika klasszikusai. Gondolat 1966. 173–176. old.)

[5] *H. Reichenbach:* Atom és világegyetem. Franklin, 1930; (Második, bővített kiadás.) 190. old.

[6] *M. Planck:* Determinizmus vagy indeterminizmus. (in: Válogatott tanulmányok. Gondolat 1965. 215. old.)

[7] *A. Einstein B. Podolsky–N. Rosen:* Teljesnek tekinthető-e a fizikai valóság kvantummechanikai leírása? (in: *A. Einstein:* Válogatott tanulmányok. 175. old.) Einstein kifogásaira a koppenhágai iskola részéről elsősorban Bohr reagált. Kettejük vitáját – ami évtizedeken át tartott – az idézett válogatáson (145–199. old.) kívül többek között a „Vita Einsteinnel az atomfizika ismeretelméleti problémáiról" (in: *N. Bohr:* Atomfizika és emberi megismerés. Gondolat 1964. 51–99. old.) c. tanulmánya, *W. Heisenberg:* „A rész és az egész" c. tanulmánykötete, valamint *A. Einstein* „Válasz a kritikára" (in: Filoszofszkije voproszi szovremennoj fiziki. Moszkva 1959. 223–248. old.) c. írása mutatja be.

[8] *M. E. Omeljanovszkij:* Lenin és a XX. század fizikája. Szikra 1949. 123 128. old.

[9] In: *A. A. Maximov–V. Lvov:* A materializmus győzelme a fizikában. Szikra 1950. 53–109. old.

[10] Lásd *D. Bohm:* Okság és véletlenség a modern fizikában. Gondolat 1960.

[11] *Fényes I.–Nagy L.:* Mikrofizika. Gondolat 1959. A későbbiekben lásd *Fényes I.–Horváth J.:* Az elvi koordináció lenini kritikája és a kvantumelmélet néhány ismeretelméleti problémája. ELTE TTK Filozófiai Tanszék. Budapest 1970.

[12] *M. Planck:* A kvantumelmélet keletkezése és eddigi fejlődése. (in: Válogatott tanulmányok. Gondolat 1965. 76. old.)

[13] *P. L. Kapica:* A tudomány oltárán. IV. Langevin. Akadémiai Kiadó 1966. 18. old.

[14] Schrödinger annyira ragaszkodik ehhez az analógiához, hogy mivel az optikában a hullámoptikát tekinti „igazi" optikának, aminek csak a határesetében beszélhetünk geometriai „fénysugarak"-ról, az új mechanikában is a hullámoknak tulajdonít reális létezést, a részecskéknek nem. Hasonló hibába egy rövid időre de Broglie is beleesett. Hogy mennyire nehéz egy analógiát nem túlhajtani, arról néhány megjegyzést – más fizikai analógiákkal kapcsolatban – lásd: *Tihanyi L.:* Elektromágnesség és modellezés. Acta Philosophica, 1977. Tom 4. 244. old.

[15] In: *De Broglie*: The Wave Mechanics and the Atomic Structure of Matter and of Radiation. 4. pont. (in: Wave Mechanics. Blackie ant Son Ltd. 122 124. old.)

[16] *De Broglie:* The Beginnings of Wave Mechanics. (in: Wave Mechanics. The First Fifty Years. Ed. by *W. C. Price–S. S. Chissick T. Ravensdale.*) London 1973. 12. old.

[17] Idézi *de Broglie* a „Phsycién et Penseur" c. gyűjteményes kötetének végén levő tudományos önéletrajzában (Paris 1953), amelyet 1952 márciusában írt. (Oroszul: Obzor mojih naucsnih rabot. [in: *De Brogli:* Po tropam nauki.] Moszkva 1962. 352. old.)

[18] *De Broglie:* A fotonok és hullámok együttes létezése az elektromágneses sugárzásban és a kettős megoldás elmélete. (in: Válogatott tanulmányok. Gondolat 1968. 263. old.)

[19] In: *de Broglie–L. Brillouin:* The Universe of Five Dimensions and the Wave Mechanics. 1. pont. (in: Wave Mechanics. 101. old.)

[20] Ugyanott, 5. pont. 108. old.

[21] Ugyanott, 114. old.

[22] A fentebb már említett irodalmon kívül például: *de Broglie:* Non-Linear Wave Mechanics. A Causal Interpretation. Elsevier 1960. (franciául: Gauthier-Villars 1956); The Current Interpretation of Wave Mechanics. Oxford 1964. (franciául: 1963). De Broglie és J. P. Vigier cikkei a „Voproszi Filoszofiji" 1956/6. számában,

Bohm és Fényes cikkei a „Voproszi pricsinnosztyi v kvantovoj mehanyike" c. gyűjteményes kötetben. (Izd. In. Lit., 1955), Vigier szintelméleti cikke a „La Pensée" 1961. 99. számában található. Utalunk továbbá *J. L. Andrade e Silva–G. Lochak:* „Polja, csasztici, kvanti" c. könyvére. (Nauka 1972.).

[23] *E. Nelson:* Derivation of the Schrödinger Equation from Newtonian Mechanics. Physical Review, 1966. 150. vol. 4. sz. Lásd még *L. de la Peña-Auerbach – A. M. Cetto* írását (I. Math. Phys. *18*/8/, 1977. p. 1612—1622.)

[24] *V. Fock:* A kvantummechanika értelmezéséről. (in: *N. Bohr:* Atomfizika és emberi megismerés. – Utószó. Gondolat 1964. 153. old.)

[25] *De Broglie:* Megmarad-e a kvantumfizika indeterminista jellege? (in: Válogatott tanulmányok. Gondolat 1968. 222. old.)

KOZMOLÓGIA

BALÁZS BÉLA

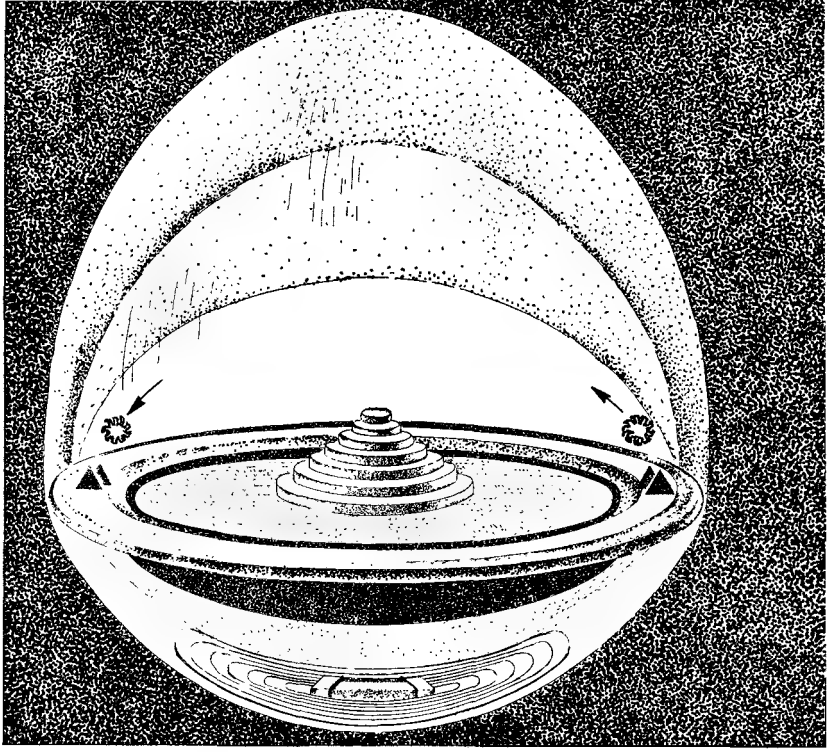
A Világegyetem fogalmának csillagászattörténeti és filozófiai háttere

Az élettelen természetnek és domináns folyamatainak vizsgálata az elemi részek birodalmától a környezet objektumainak makroszkopikus méretéig elsősorban a fizika, míg a kozmikusan makroszkopikus és megaszkopikus méretek világán belül elsősorban a csillagászat területére tartozik. Jelen értekezésünkben az utóbbi kérdéskörben felmerülő fogalomalkotási problémával foglalkozunk.

Elterjedt megfogalmazásban a kozmológia a Világegyetemről mint egészről szóló tanítás, amely magába foglalja a csillagászati megfigyelések körébe eső kozmikus környezetünknek mint a Világegyetem részének az elméletét. Ahhoz azonban, hogy ez a definíció értelmet nyerjen, pontosítanunk kell, hogy mit is értünk valójában a Világegyetem (görög kifejezéssel: kozmosz, latin szóhasználattal: univerzum) fogalmán. Ez már csak azért is lényeges, mivel e fogalom jelentése az ókortól napjainkig igen nagy változáson ment át. A következőkben a Világegyetem fogalmának történetiségét részletesebben is megvilágítjuk.

TÖRTÉNETI ÁTT EKINTÉS

Az elmúlt századok világképe szinte gyermekien egyszerű, kényelmes és megnyugtató volt. Az ember csak közvetlen földi környezetét volt képes vizsgálni, s általában megelégedett a jelenségek, a látszat puszta regisztrálásával. Ez az Univerzumról alkotott képén is nagymértékben megmutatkozott. A babiloniaiak, egyiptomiak és zsidók számára földi világunk egy hatalmas, tengeren úszó kagylóhoz volt hasonlatos, és felülről az égboltot is víz határolta (1. ábra). Ennek a modellnek a további részletei ugyan eltértek egymástól – például az egyiptomiak az égboltot Nu istennő

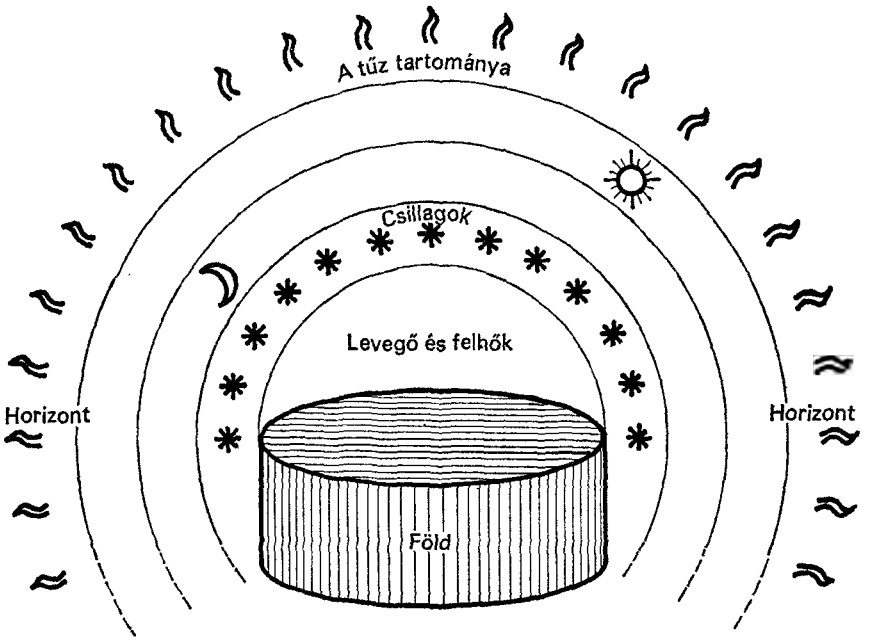


1. ábra. A babiloniaiak világmodellje szerint a lépcsőzetes felépítésű, kúp alakú Föld a világóceánon úszik. Föléje az első, második és harmadik égbolt borul; alatta - hét fallal körülvéve – a holtak birodalmának palotáját találjuk. A világóceánt az ég gátja határolja. Ezen helyezkedik el a hegyekből formált keleti, illetve nyugati kapu, amelyen keresztül a Nap felkel, illetve lenyugszik

meghajlott testeként képzelték el, aki kezével és lábával a horizontra támaszkodik –, de ezek az alapkoncepcióhoz képest másodrendű szerepet játszottak. A csillagokat és egyéb égitesteket istenként vagy isteni akarat megnyilvánulásaiként tisztelték, és a földi világtól való különneműségüket hangsúlyozták. Tény azonban, hogy – különösen a babiloniaiak – a különböző égi mozgásokra, fogyatkozásokra, együttállásokra vonatkozóan már sok empirikus szabályt ismertek, és azokat bizonyos égi jelenségek előrejelzésére is felhasználták. Ezekre a mozgásokra, azok okára különböző mitológiai magyarázatokat adtak. Az ember természetszerűleg irtózott az ismeretlentől, és saját képzeletének szülötteivel népesítette be azt.

A világszemlélet az i. e. VI. században azután gyökeres változáson ment át. Az ioniai iskola érdemeként előtérbe került a racionális okok keresése. Sőt, a természet megértésének absztrakt igényén túlmenően már az ismeretek konkrét hasznosításának, a természet „leigázásának" mindmáig élő gondolata is megszületett. Az első jelentős görög természetfilozófus, a milétoszi *Thalész* (i. e. 624–547) azt az elméletet vallotta, hogy a nedvesség minden dolog lényege, s hogy a vízből keletkezett az óceánon lapos korongként úszó Föld, a levegő, s végül az egész élővilág. Bár elképzelésében könnyű felismerni a Bibliából is ismert sumér teremtésmondát, nem téveszthető szem elől, hogy Thalész világszemlélete gyökeresen új volt. A világ jelenségeit többé már nem isteni lények irányítják, megjelennek a természettörvények, melyeknek az egész anyagi világ engedelmeskedik. Ugyanilyen materialisztikus és ateisztikus nézeteket vallottak a milétoszi iskola jelentős kortárs bölcselői, *Anaximandrosz* és *Anaximenész* is, akik csak kismértékben módosították Thalész elképzelését. Szerintük a föld, a levegő és a tűz voltak azok az elemek, amelyekből a világ létrejött. Anaximandrosz még egy lépéssel tovább is ment: minden létező eredetének a határtalan, kimeríthetetlen ősanyagot tekintette, tulajdonképpen elsőként felvetve a fizikában azután sokáig kísértő „éter" gondolatát (2. ábra). Anaximenész felismerte az anyag halmazállapot-változásainak, a ritkulásnak és a sűrűsödésnek a jelentőségét, és azt tanította, hogy a levegőből egyfelől folyamatos ritkulással tűz és a felsőbb atmoszféra könnyű, tiszta elemei keletkeznek, másfelől folyamatos sűrűsödéssel köd, felhők, víz és szilárd talaj jön létre. Világfelfogását tehát már teljes mértékben „fizikai" elvek szerint építi fel. Joggal állapítja meg *J. D. Bernal*, hogy az ioniai gondolkodás iránya az anyagi elemek folytonos egymásba való átalakulásán alapuló dinamikus világkép kialakulása felé vezetett.

Az ioniai természetfilozófiai iskola volt az első, amely materialista képet festett a világ felépítéséről és jelenségeiről. Ebben áll nagy tudománytörténeti érdeme. Ingatagsága elsősorban abban nyilvánult meg, hogy csupán általános, kvalitatív képet adott, és így csak áttételesen segítette elő a konkrét feladatok megoldását. A további előrelépéshez feltétlenül szükség volt a jelenségek mennyiségi oldalának kutatásához, a természetben a számok nyelvén is leírható rend és harmónia előtérbe állításához. Ezt a lépést a számoszi *Püthagorasz* (kb. i. e. 582–497) tette meg. Már Anaximandrosznál feltűnik az a babilóniai eredetű törekvés, hogy az égitestek helyzetét egyszerű számviszonyokkal fejezze ki. (Így például a Hold, a Nap, illetve a csillagok távolsága szerinte a „földkorong" átmérőjének



2. ábra. Anaximandrosz geocentrikus világmodellje, amely a Földet korongszerűnek, a csillagokat pedig radiálisan kifelé irányuló tűzcsöveknek fogta fel

kilenc-, tizennyolc-, illetve huszonkétszerese.) Mindent átfogó filozófiai princípiummá azonban Püthagorasz tette meg azt a gondolatot, hogy a világ rendje, a természet összes vonatkozásai egész számokra és azok arányaira vezethetők vissza. Valószínűleg ő volt az, akitől a racionális kozmológiák létét számíthatjuk. Első ízben nála jelentkezett letisztult formában az a felfogás, miszerint a világról alkotott képünk helyessége azon princípiumok érvényességétől függ, melyeket igaznak fogadtunk el az egész Univerzumra. Ezek tulajdonképpen a XX. század kozmológiai modelljeinek jelentős részénél nagy szerepet játszó *posztulatív koncepció* első csírái, miszerint csak alapvető rendező elvekre támaszkodva van módunk arra, hogy a szükségképpen korlátozott empirikus anyagból kiindulva megalkothassuk a Világegyetem lehetséges modelljét. (A püthagoraszi gondolatok hatása még ma is él, félreismerhetetlenül megtalálható például Einstein és Dirac munkásságában.)

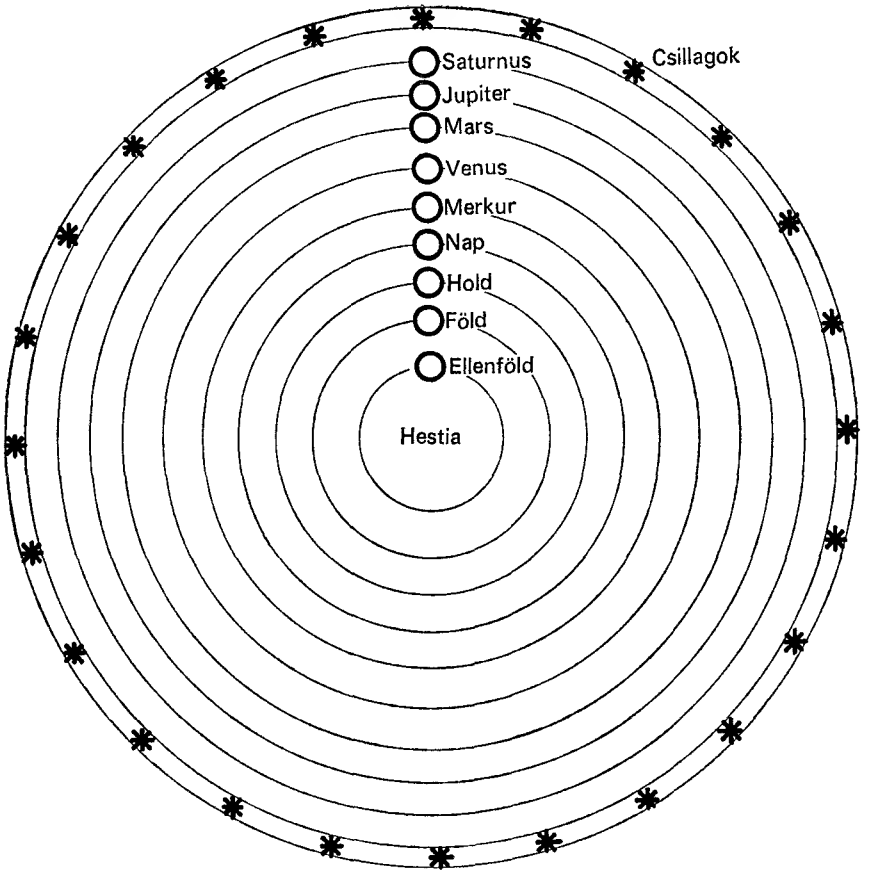
Püthagorasz, alapelvéből kiindulva kimagasló eredményeket ért el a

geometriában. Kimutatta a számok meghatározó szerepét a fizikában, felfedezte, hogy az egyszerű számarányokkal kifejezhető hosszúságú húrok szabályos zenei hangközöknek (oktávoknak, terceknek stb.) megfelelő hangokat keltenek. Ezzel az addig csak érzékileg felfogott harmóniát is sikerült számszerűségében megragadnia. Miután a számabsztrakciót a tárgyak fizikai lényegétől elszakította és abszolutizálta, szinte természetesen adódott számára a következő lépés: a Világegyetem felépítésében tapasztalható rend zenei harmóniában való kifejezése. Ide vezetett tehát az az idealista módon értelmezett püthagoraszi elv, hogy a mennyiségi viszonyok alkotják a dolgok lényegét.

Püthagorasz szerint a Föld gömb alakú, tehát nem korong, mint korábban hitték. Az akkor ismert hét „vándorló" égitest – a Hold, a Nap, a Merkur, a Venus, a Mars, a Jupiter valamint a Saturnus szerinte a Föld körül elhelyezkedő koncentrikus szférákra erősítve kering. Ezeken kívül helyezkedik el az állócsillagok szférája. Az egész rendszert levegő tölti ki, és a mozgó égitestek zenei hangokat idéznek elő, a szférák zenéjét keltik benne. (Püthagorasz még azt is megadta, hogy melyik bolygóhoz melyik hang tartozik.) Bár félreismerhetetlen a püthagoraszi iskolában mutatkozó misztikus törekvés (mely minden bizonnyal keleti, mágikus forrásokból merített), a püthagoreusoknak köszönhetjük a matematikai és a fizikai tudományok megalapozását, továbbá a kör és a gömb csillagászati jelentőségének felismerését. Püthagorasz világfelfogásának lényege és megtermékenyítő ereje természetesen nem abban áll, hogy hangszerként fogta fel az egész Univerzumot, hanem abban, hogy az égitestek mozgása szigorú törvényeknek engedelmeskedik, és ezek a törvények a számok nyelvén kifejezhetők. Meghatározott rend uralkodik a világban, amit természeti törvények kormányoznak, és ezért felépítése természettudományos módszerekkel felderíthető.

Az i. e. V. század közepe táján már erősen mutatkoztak a püthagoraszi iskola korlátai. Egyrészt a fizikában messze túllépték az empirikus határokat és számmisztikával helyettesítették az empirikus tudást (fokozatosan előtérbe került az iskola misztikus oldala), másrészt kiderült, hogy a természeti törvények és a geometriai összefüggések nem mindig fejezhetők ki egész számok arányaival. A püthagoraszi világfelfogást különösen érzékenyen érintette az a tény, hogy a kör kerülete és átmérője inkommenzurábilis, így a hangszerek húrjaira, valamint a zenei skálára vonatkozó analógia komolyan veszített meggyőző erejéből. Az irracionális számok felfedezése halálos csapást mért a szférák püthagoraszi harmóniájára.

Filolaosz (kb. i. e. 500–400, maga is püthagoreus) volt az első, aki két-



3. ábra. Filolaosz a Világmindenség központjába az isteni eredetű Hesztiát (tűzhely) állította. A központi tűz fényét a Földdel szinkronban keringő „Ellenföld" árnyékolja le

ségbe vonta a Föld centrális helyzetét az Univerzumban. Úgy gondolta, hogy a valódi centrumban központi tűz lobog, és e körül kering a Föld a többi „bolygóval" együtt. A tűz fényét egy „Ellenföld" árnyékolja le. Az állócsillagok szférája mozdulatlan, kívülről szintén tűz határolja, és ezt a tüzet észleljük csillagok formájában a szféra kisebb-nagyobb nyílásain keresztül. Filolaosz világfelfogásának az a lényegesen új eleme, hogy a Föld maga is bolygó és nem az Univerzum mozdulatlan középpontja. (3. ábra)

Filolaosz követőjének, a pontuszi *Heraklidésznek* (kb. i. e. 375–345) az elképzelése más szempontból jelentett előrelépést. Világfelfogása szerint a Föld az Univerzum középpontja, de tengely körüli forgást végez, és ezért látjuk felkelni valamint lenyugodni az égitesteket. Bár a Nap Heraklidész szerint is a Föld körül kering, a Merkur és a Venus már a Nap bolygói. Még majdnem két évszázadnak kellett eltelnie ahhoz, hogy az arisztarkhoszi gondolat megszülessen: az összes többi bolygóval együtt a Föld is a Nap körül kering. Ez alatt a két évszázad alatt a görögök gondolatvilágában a kozmológiai probléma új megközelítése került előtérbe, ami a geocentrikus világfelfogás megerősítésével járt együtt. A változás elsősorban Platón és Arisztotelész hatásának volt köszönhető.

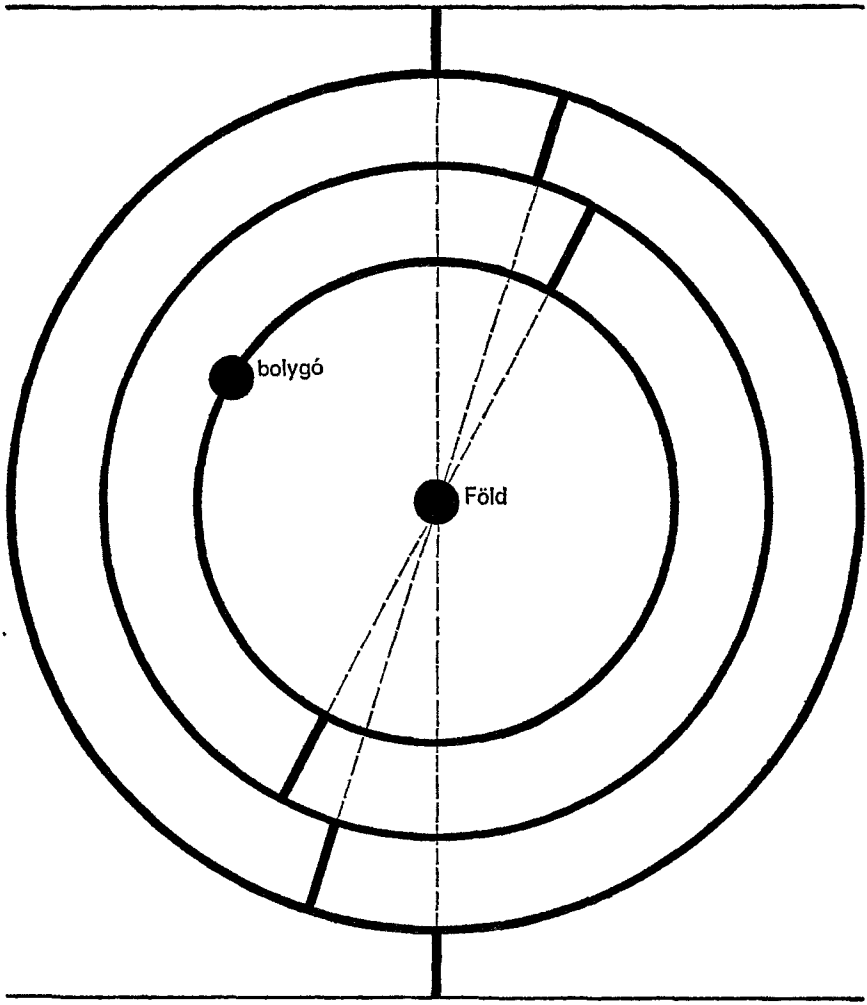
A világmodell fejlődésében hol az elméleti, hol az empirikus oldal jutott vezető szerephez. Míg Püthagorasznál a misztikába hajló elmélet dominált, Filolaosz és Heraklidész elsősorban a megfigyelésekre támaszkodtak. A mozgások minél pontosabb leírása volt számukra az elsődleges cél, míg e mozgások okának kutatása, a világ felépítését meghatározó alapelvek szerepe háttérbe szorult. Az ókori Görögország nagy tekintélyű filozófusának, *Platón*nak (i. e. 427–347) a munkásságával sajátosan misztifikált formában ismét a megfelelő rendező elvek elsődlegessége lép előtérbe. Geocentrikus világképében, melyet „Politeia" és „Timaiosz" c. műveiben részletesen leírt, a püthagoraszi csillagászati elképzelésekre támaszkodott. A legfontosabb, hogy a helyes alapelvet ismét felismerte, amelynek segítségével azután a világ összes jelensége megmagyarázható. Platónnál az olyan fogalmak kaptak alapvető szerepet, mint istenség, örökkévalóság, tökéletesség, igazság, jóság, szépség, szabályszerűség, gazdaságosság. Világmodelljének vázát az a gondolat képezi, hogy az égitesteket a világot teremtő isten helyezte pályájukra. Mivel isten – a definíció szerint – tökéletes, az égitestek alakjának és mozgásainak is tökéleteseknek kell lenniök. Miután a kör a legtökéletesebb görbe, az égitestek pályája is kör alakú; mozgásuk tökéletes, tehát egyenletes és örökkévaló, mint a kör, amelynek nincs kezdete és vége. Platón így teremti meg az axiomatikus kozmológia első modelljét Püthagorasz nyomán, hangsúlyozva a számok és bizonyos geometrikai idomok kozmikus jelentőségét. A Kozmosz tökéletességének platoni tana elfeledtette azt a korábbi helyes felismerést, hogy a Föld is mozog. Platón – és még inkább nagy utódja, Arisztotelész – óriási tekintélye közel kétezer éven át gátolta az égitestek valóságos mozgásának felismerését. A tökéletességbe vetett hit erejére jellemző, hogy elfogadtatta a Föld gömb alakját annak ellenére, hogy az

általános gravitáció ismerete nélkül még teljességgel érthetetlen volt: miért nem esnek le az emberek az űrbe a Föld túlsó oldalán?

Arisztotelész (i. e. 384–322) híres Metafizikájában szintén a kozmikus tökéletesség alapelvére támaszkodott. Világképét egy eszményinek képzelt társadalom mintájára építette fel, amelyben mindennek megvan a maga természetes helye, és hierarchikus rend uralkodik. Arisztotelész is a Földet képzeli az Univerzum középpontjának, amely körül átlátszó koncentrikus szférákra felerősítve keringenek a „bolygók". Távolságuk sorrendje: Hold, Merkur, Venus, Nap, Mars, Jupiter, Saturnus. Ezt a csillagok ugyancsak rotációs mozgást végző szférája követte, majd a legkülső, mozdulatlan, isteni szféra következett. Innét sugárzik ki az a mozgató erő, amely az egész rendszert mozgásban tartja. A Föld központi helye tehát egyúttal alárendeltséget tükrözött. Lakói távol élnek az istentől, a legalacsonyabb, a vulgáris, a tökéletlen szintet képviselik. Arisztotelész szerint a Hold szféráján belül – az úgynevezett szublunáris régióban – minden változékony és hibákkal terhes. Ezen kívül minden tökéletes és változatlan. A különbség az anyagi minőségben is kifejeződik. A szublunáris tartományban négy elemmel – a földdel, a vízzel, a levegővel és a tűzzel – találkozunk. Ezek kölcsönösen átalakulhatnak egymásba, és természetes mozgásuk meghatározott egyenes vonalak mentén megy végbe. A föld felülről lefelé, a víz alulról felfelé, míg a levegő és a tűz horizontálisan mozog. A Hold szféráján kívüli világ az ötödik elem – az éter birodalma. Az éter természetes mozgása a tökéletes kör mentén megy végbe.

Az arisztotelészi Univerzumban a tudományos kutatás célja a dolgok valódi természetének vizsgálata, a világot kormányzó célokok felderítése. A mai értelemben vett fizika kialakulását Galilei koráig a mozgások miértjére adott sztereotíp válasz akadályozta, miszerint az a dolgok természete szerint történik. E tanítás hosszú évszázadokon keresztül abszolút tabu volt. Giordano Brunónak máglyahalált kellett szenvednie, Galileinek pedig inkvizítorok előtt kellett felelnie az arisztotelészi világkép megtámadásáért.

A csillagászati megfigyelések tökéletesedése következtében egyre nagyobb volt az ellentmondás az égitestek tökéletes, egyenletes körmozgását hirdető tana és a konkrét észlelések között. Ráadásul azt is észrevették, hogy a bolygók időnként hurkokat írnak le az égbolton, s így mozgásuk iránya megváltozhat a csillagokéhoz képest. Platón tanítványának, a knidoszi *Eudoxosz*nak (i. e. 410–356) sikerült elsőként az elmélet és a tapasztalat összehangolása a geocentrikus elmélet keretei között. Mo-



4. ábra. Eudoxosz geocentrikus világmodelljében a bolygók bonyolult mozgását a rotációs tengelyeikkel egymáshoz erősített szférák összetett rendszere segítségével magyarázta meg

dellje koncentrikus gömbhéjakra épült, amelyek mindegyike saját tengelye körül forgott, és a forgástengelyek közös metszéspontja egybeesett a Föld középpontjával (4. ábra). A forgás iránya azonban Eudoxosznál

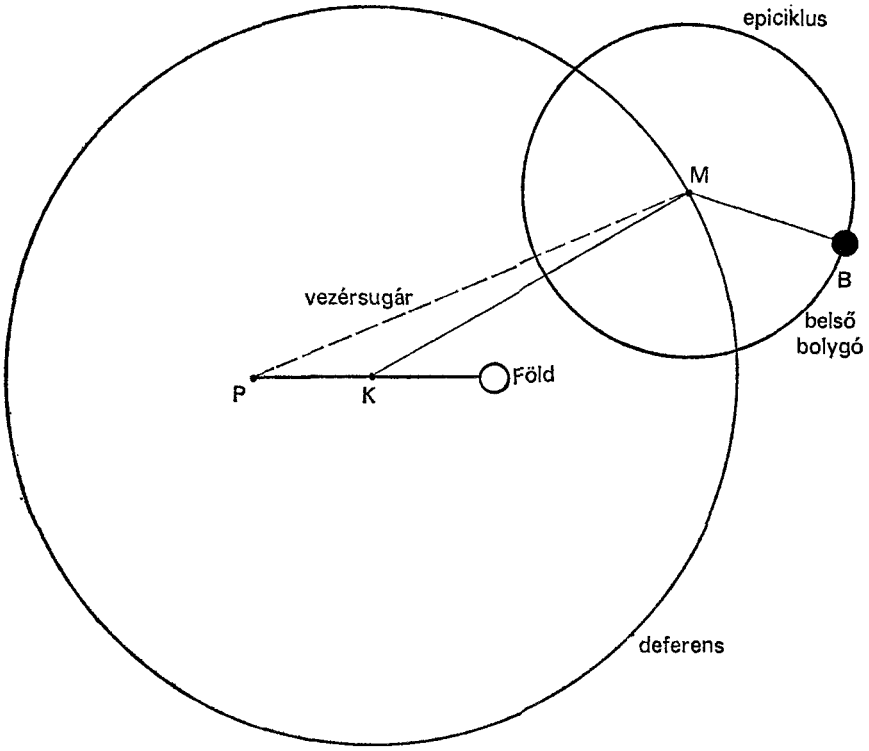
nem állandó, hanem a szférák tengelyei további szférákhoz vannak erősítve és részt vesznek azok forgásában. Ilyen módon egy bonyolult, „kardán-felfüggesztésű" gömbrendszert kapunk, melynek tagjai különböző sebességekkel forognak a Föld körül. A rendszer zsenialitása abban áll, hogy szemléletes (hiszen szinte mechanikailag „elkészíthető"), továbbá magyarázatot ad a bolygók egyenetlen mozgására oly módon, hogy az égi szférák tökéletesen egyenletes forgását valló alaptételt érintetlenül hagyja. Nyilvánvaló, hogy a bolygómozgások approximációja e módszer segítségével annál sikeresebb, minél több gömbbel „dolgozunk". Eudoxosz 27 szférát tételezett fel, Arisztotelész pedig – aki később átvette ezt a modellt – 54-re emelte számukat.

Bármilyen nagy is volt Arisztotelész tekintélye és hatása, akadt aki mégis kétségbe vonta világképének helyességét. Arisztotelész halála után 12 évvel – azaz i. e. 310-ben született a számoszi *Arisztarkhosz*, aki a Napot tekintette az Univerzum középpontjának. Az alexandriai akadémia kiemelkedő képességű tagja, akit az „ókor Kopernikuszának" is szokás nevezni, következetesen alkalmazta azt a kutatási elvet, hogy a megfigyelések és mérések elengedhetetlenek a tudományos megismerés folyamatában. Arisztarkhosz geometriai okoskodás és mérés útján bebizonyította, hogy a Nap jóval nagyobb, mint a Föld, és ebből a tényből levonta a kellő konzekvenciákat. „A Föld nem sokkal nagyobb a Holdnál, a Holdat ugyanakkorának látjuk, mint a Napot, a Nap sokkal messzebb van, mint a Hold, a Nap tehát sokkal nagyobb, mint a Föld, így a Földnek kell a Nap körül keringenie, nem pedig megfordítva" – írja. Ez igen komoly felismerés, ha meggondoljuk, hogy ezt Arisztarkhosz Kopernikusz előtt tizenhat évszázaddal mondja. Az alapvelvek megítélésekor döntő érvként a mérési eredményeket használta fel. Arisztarkhosz már arra is rájött, hogy a csillagok parallaktikus elmozdulása (ami a Föld mozgása következtében lép fel) nagy távolságuk miatt nem észlelhető. Arkhimédész a következőket írja erről a „Homokszemcsék megszámolása" c. híres munkájában: „Miután Arisztarkhosz feltételezi, hogy a csillagok és a Nap mozdulatlanul állnak, és a Föld a Nap körül körpályán kering ...; a csillagok szférájának, melynek középpontja egybeesik a Napéval, olyan méretűnek kell lennie, hogy a kör kerülete – melyen szerinte a Föld mozog – úgy viszonylik az állócsillagok távolságához, mint a gömb középpontja a gömb felszínéhez."[1] Arisztarkhosz zseniális felismerése – amely ellentmondott az arisztotelészi fizikának – nem talált megérdemelt visszhangra az ókori gondolkodóknál, sőt „istenkáromlás" címén üldöztetésére szolgáltatott alapot. A gravitáció felismerése előtt

Platón és Arisztotelész tekintélyével szemben – az arisztarkhoszi érvek nem lehettek átütő erejűek. Ebben a vonatkozásban is igaz Arisztotelész közismert mondása: a „legvilágosabb és legegyszerűbb dolgokkal szemben az ember gyakran olyan vak, mint a denevérek napvilágnál"[2].

Maradt azonban egy eléggé szembetűnő tény, amit az eudoxoszi konstrukció alapján egyáltalán nem lehetett megmagyarázni. A bolygók látszólagos fényessége periodikusan változik, ami az állandó tökéletesség állapotával csak úgy egyeztethető össze, ha távolságuk is változik. Az arisztotelészi világkép keretei között maradva, a problémát csak ötszáz évvel később, az alexandriai *Ptolemaiosznak* (i. e. 87–165) sikerült megoldania. Ptolemaiosz gömbök helyett kerekekre erősítve képzelte el a bolygókat. (Szemléletes hasonlattal élve rendszerét olyan óriáskerékhez hasonlíthatjuk, amelynek gondolájában ül a bolygó, és így körmozgást végez mind az óriáskerék, mind a gondola tengelye körül.) „Syntax Mathematicae" c. főműve szerint a bolygók pályája a következőképpen adható meg. Először egy excentrikus kört, az úgynevezett deferenst kell meghúzni a *Föld* körül. (*A középpontját jelöljük K-val.*) *E kör kerületén mozog az* a pont (*M*), amely körül egy kisebb átmérőjű kör alakú pályán (epiciklus) kering az adott bolygó. Ma már tudjuk, hogy *K*-ra mint excentrumra azért volt szükség, mert a bolygók ellipszis alakú pályákon keringenek. A későbbiek során a Kepler által felfedezett felületi tétel már burkolt formában Ptolemaiosznál megtalálható, miszerint *M* nem kering egyenletesen, hanem úgy mozog, hogy az *F*-nek *K*-ra vonatkozó tükörképéből (*P* pont – punctum aequans) *M*-ig húzott vezérsugár forog egyenletesen (5. ábra).

Igen valószínű, hogy Ptolemaiosz elméletét a bolygómozgások puszta matematikai leírásának tekintette. (Egy helyen kifejezetten tagadja, hogy a bolygókkal kapcsolatban valóban alapvető dolgokat tárt volna fel.) Tisztán kinematikus modellje a bolygók mozgásának összes addig ismert tulajdonságát kielégítően írta le (bizonyos szemszögből nézve tulajdonképpen Fonrier-sorfejtést végzett), amivel ismét megteremtette az elmélet és gyakorlat összhangját. A ptolemaioszi életmű kiemelkedő példája annak, amit J. D. Bernal „Tudomány és történelem" c. művében a következőképpen fogalmaz meg: a „csillagászati tanulmányok középhelyzetet foglaltak el az elmélet és a gyakorlat között. A csillagászat Platón szerint az ideális égi világ vizsgálatát jelentette, amely megfelelt az ott élő istenek méltóságának. Semmi olyan eltérést, amelyet a valóságos égbolton megfigyeltek, nem volt szabad figyelembe venni, avagy ezeket el kellett vitatni. Másrészt az égnek tulajdonított jelentőség szükségessé tette, hogy a



5. ábra. Ptolemaiosz excentrikus deferensekkel és epiciklusokkal operáló világmodelljében a bolygók úgy mozognak, hogy a *PM*, illetve az *MB* sugarak egyenletes szögsebességgel forognak ($PK = KF$)

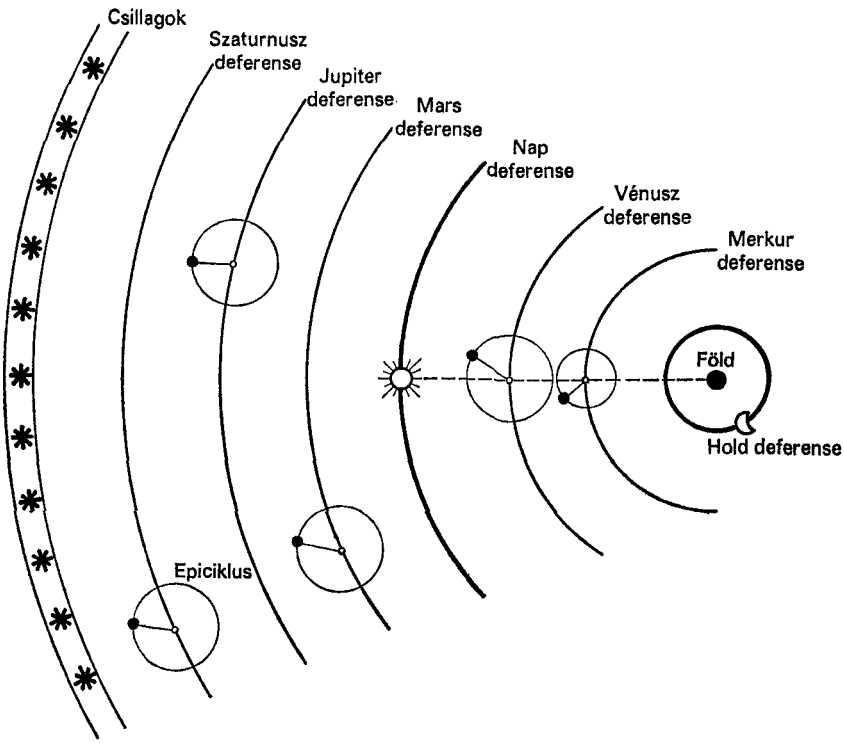
csillagok állását és különösen a bolygókét pontosan ismerjék, éspedig előre... E két irányzat következtében a hellenisztikus csillagászat – a görög tudomány egyetlen része, amely számunkra teljesen fennmaradt – mindenekelőtt azzal foglalkozott, hogy minél bonyolultabb sémákat készítsen, amelyek számításba vették a megfigyelések eredményeit, de nem kerültek ellentmondásba az egyszerűség és szépség követelményeivel. E törekvés megkövetelte mind a matematika fejlesztését, mind a fizikai megfigyeléseket. Azt lehet mondani, hogy a csillagászat csaknem a mai napig az a köszörűkő volt, amelyen az egzakt tudományok minden szerszámát élesítették."[3]

Miután a ptolemaioszi modell hangsúlyozottan leíró jellegű volt, továbbá minden mozgás relatív, nem jogosult művét az Arisztarkhosz utáni egyértelmű visszalépésként értékelnünk. Ptolemaiosz matematikai szemszögből nézve jogos sorfejtést végzett, amikor geocentrikus rendszerben írta le a bolygómozgásokat, amelyek valódi lényegéről az általános gravitáció felismerése előtt – Arisztarkhosszal egyetemben – sejtelme sem lehetett.

Mielőtt továbbmennénk, még valamit szükséges hangsúlyoznunk. Bár kinematikailag a Föld mozdulatlan, centrális helyzetének gondolata dominált az egész ókor folyamán, ha visszafelé megyünk az időben Ptolemaiosztól Arisztotelészen keresztül egészen Püthagoraszig, sőt az egyiptomi, babilóniai és kínai filozófusokig, általánosan megfigyelhető a Nap különleges, gyakran főisteni szerepének hangsúlyozása. Ciceró például így ír: a „Nap, az összes többi égitest mestere, hercege és vezetője, az Univerzum egyedülálló uralkodója olyan hatalmas, hogy ragyogó fénye mindenen áthatol"[4]. Igaz, heliocentrikus rendszerével Arisztarkhosz egyedül maradt az ókorban, de a Nap különleges szerepének korai felismerése kétségkívül megkönnyítette a kopernikuszi forradalom véghezvitelét. Ezt követően Giordano Brunóra és Newtonra hárult a Nap trónfosztása: annak a felismerése, hogy bármilyen hatalmas, mégiscsak egy egyszerű tagja a végtelen csillagvilágnak.

Ha a ptolemaioszi rendszert (6. ábra) egészében átgondoljuk, akkor úgy találjuk, hogy egy egész sor olyan tulajdonsággal rendelkezik, melyek a rendszer keretein belül maradva érthetetlennek és teljesen véletlenszerűnek tűnnek. Így e rendszer semmiféle magyarázatot sem ad arra a különös tényre, hogy a Mars, a Jupiter és a Saturnus akkor és csak akkor vannak a legközelebb a Földhöz, amikor szemben állnak a Nappal, azaz napnyugtakor kelnek és hajnalban nyugosznak. Vagy ami még különösebb: miért van az, hogy a Mars epiciklusa óriási, a Jupiteré már kisebb, a Saturnusé még kisebb? Miért esik a Merkur és a Venus epiciklusainak középpontja mindig arra az egyenesre, amelyik a megfigyelőt a Nap centrumával összeköti? Miért kering a Hold és a Nap közvetlenül a deferens kör mentén? És sorolhatnánk a kérdéseket tovább.

A csillagászok egymást követő nemzedékei évszázadokon keresztül Ptolemaiosz rendszerét tanították és magyarázták, de egészen Kopernikuszig egyikükben sem merült fel komolyan az a gondolat, hogy az említett jelenségek, egybeesések nem véletlenek, hanem a ptolemaioszi szemlélet alapvető hibájából – geocentrikus voltából – erednek. Nikolaj *Kopernik* (Kopernikusz) (1473–1543) fromborki kanonok vitte diadalra azt



6. ábra. Ptolemaiosz geocentrikus világmodellje

a felismerést, hogy a Föld a többi bolygóval együtt a Nap körül kering, és a Föld mozgása következtében fellépő parallaktikus elmozdulás tükröződik a bolygók epiciklusaiban. 1512-ben befejezett csillagászati munkájában – a „Commentariolus"-ban – Kopernikusz a következő hét tételre építette fel világmodelljét:

1. Az égitesteknek és az égi szféráknak nincs közös középpontja.

2. A Föld centruma nem középpontja a Világmindenségnek, hanem csak a nehézkedésnek és a Hold mozgásának.

3. Minden körmozgás a Nap körül történik, mintha ez lenne a Világmindenség középpontja, ezért a Világmindenség centruma a Nap közelében van.

4. A Nap–Föld távolság sokkal kisebb a csillagos égbolt magasságához

képest, mint a Földgömb sugara a Naptól való távolságához képest, így a Nap–Föld távolság az égbolt magasságához képest elhanyagolható.

5. Az állócsillagok szférájának mozgása nem az égbolt valóságos mozgásából ered, hanem a Föld forgásából. A Föld tehát a rajta levő tárgyakkal együtt naponta megfordul változatlan helyzetű pólusai körül, ezzel szemben az állócsillagok szférája, mint a legkülső égbolt, mozdulatlan.

6. Mindaz, ami a Nap mozgásának látszik, nem önmagától áll elő, hanem a Föld mozgása révén, mely mozgás éppúgy a Nap körül történik, mint a többi bolygóé. Így a Föld nemcsak egy típusú mozgást végez.

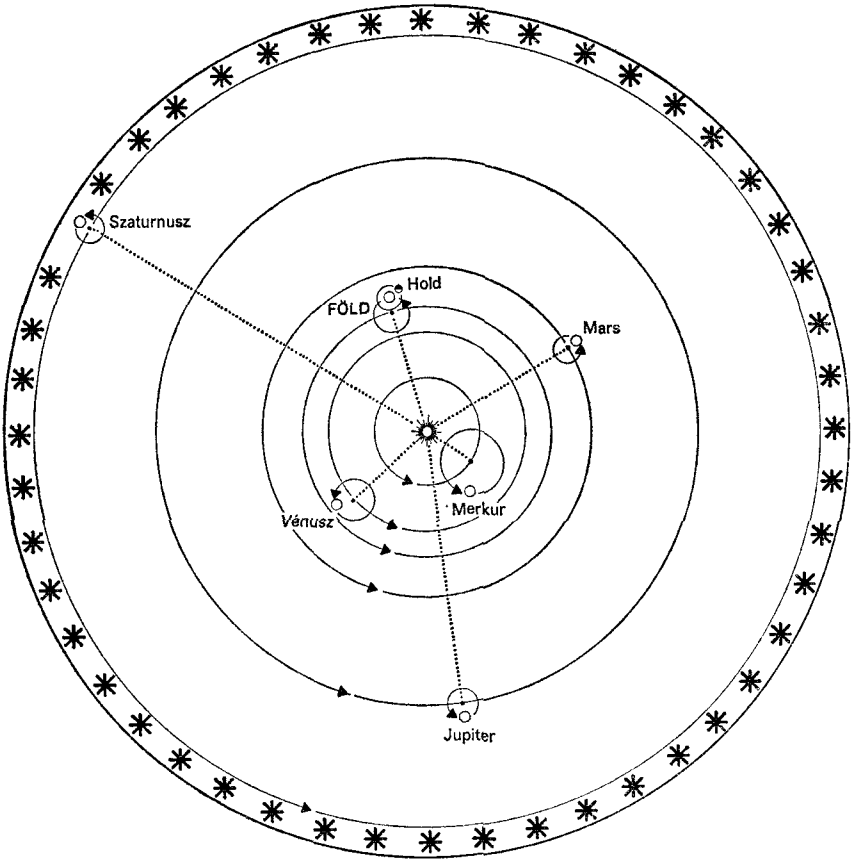
7. Ami pedig a bolygók mozgásánál mint direkt és retrográd elmozdulás jelentkezik, nem önmagától van így, hanem csak a Földről nézve. Csak a Föld mozgása révén magyarázható az égbolt oly sokféle jelensége.

Forradalmi gondolatai végső soron két princípiumon alapultak:

a) A mozgások viszonylagossága elvének alkalmazásán a megfigyelt jelenségek tanulmányozásakor. (Felismerte tehát az úgynevezett kinematikai relativitást.)

b) Azon meggyőződésén, hogy a csillagászati (és egyéb) elméletek igaz vagy hamis voltának végső próbaköve a tapasztalat.

Miután Ptolemaiosz rendszere kinematikai (geometriai) jellegű, a kinematikai relativitás felismeréséből azonnal adódott, hogy a geocentrikus rendszer nem lehet kitüntetett szerepű. A fenti alapelveken felépülő új csillagászati világkép központi tanítása az volt, hogy az égitestek látszólagos napi és évi mozgása elsősorban nem valódi térbeli elmozdulásukból, hanem a Föld forgásából és Nap körüli keringéséből ered. A Föld nem kitüntetett, vagyis nem mozdulatlan középpontja a Világmindenségnek (7. ábra). A földi megfigyelő anyabolygójával együtt természeti törvényeknek engedelmeskedő mozgást végez a térben, és a relatív helyzetek változása folytán észleljük komplikáltnak a valójában igen egyszerű bolygómozgásokat. *A. Einstein, L. Infeld és M. v. Laue* joggal emelik ki, hogy a fizikai vonatkoztatási rendszer fogalmának története Kopernikusz munkásságával kezdődik. A fizika további fejlődése a klasszikus mechanikától az általános relativitáselméletig szorosan kapcsolódik a kopernikuszi gondolatok kiterjesztéséhez és elmélyítéséhez. Bár a mozgások matematikailag bármely vonatkoztatási rendszer alapján leírhatók, Kopernikusz rendszerében sokkal egyszerűbben tárgyalhatók, mint Ptolemaioszében, ezért érthetővé válik azok fizikai oka és lényege. A fizikai elméletek további fejlődésénél alapvető volt az a kopernikuszi felismerés, hogy a testek mozgástörvényei bizonyos vonatkoztatási rendszereket kitüntetnek,



7. ábra. Kopernikusz heliocentrikus világmodellje

és ezekben a mozgások a legegyszerűbben írhatók le. (Így jutottunk el az inerciálrendszer fogalmához.)

Kopernikuszt – az ízig-vérig reneszánsz embert – a természet egyszerűségének, fenségességének teleologikus szempontjai vezették. Esztétikailag is mélységesen hitt a világ önmagát megőrző tökéletességében. Szerinte is az egyenletes körmozgás képviseli a „tökéletes égi mozgások" alapvető típusát, mert örökké, változatlan módon folytatható. Ebben a vonatkozásban – mai szemmel nézve – még az ókori gondolkodókhoz sorolható. A „valódi" mozgások meghatározását azonban már dinamikai princí-

piumok szerint végzi, és éppen a Kopernikusz által inspirált dinamikát sikerült *Keplernek* (1571–1630) égimechanikai programmá fejlesztenie. (Fél évszázaddal Kopernikusz halála után Keplernek még két évtized áldozatos munkájára volt szüksége ahhoz, hogy a perfekt körmozgás dogmájától megszabaduljon.) A keresztény újpüthagoreus Kepler először azzal próbálkozott, hogy megalkossa a heliocentrikus világfelfogás püthagoraszi–platóni szintézisét. Ennek érdekében modelljében a hat bolygópálya közötti teret – a Merkurtól a Saturnusig – az öt platóni szabályos testtel kitölthetőnek képzelte el. Joggal írja *A. C. Crombie* Kepler gondolkodásmódjáról a következőket: az „a vízió, hogy a világot absztrakt harmónia szerint teremtették, az aritmetikai számolások minden gyötrelme mellett megmaradt Keplernél, amelyekre *rákényszerült* csillagászati kutatásai során"[5].

A világkép formálása szempontjából kettőjük közül Kopernikuszé a nagyobb, az igazán forradalmi érdem, miután az előítélet sokkal súlyosabb gátját kellett áttörnie. „Sajátságos tapasztalat – mutat rá egy helyen M. von Laue –, hogy Arisztarkhosztól Einsteinig a nyilvánosság szélesebb köreit semmiféle fizikai kérdés nem zaklatja fel annyira, mint a beavatkozás a tér és az idő megszokott szemléletébe."[6] A kopernikuszi felismerés szolgáltatott alapot ahhoz, hogy Kepler felfedezhesse a bolygók elliptikus keringését (és a bolygómozgás alaptörvényeit), ezáltal *pontosabbá* téve a bolygók helyzetének előrejelzését; nagymértékben elősegítette továbbá az arisztotelészi fizikával való végleges szakítást, *Galilei* (1564–1642) tehetetlenségi dinamikájának megalkotását (vagyis annak a ténynek a felismerését, hogy gyorsulásmentes, transzlációs mozgásokra nézve a mozgások nemcsak kinematikailag, hanem dinamikailag is relatívak); és egyengette az utat Newton számára a mechanika alaptörvényeinek, valamint az általános gravitáció jelenségének – mint a mozgások *okának* – feltárásához.

Isaac Newton (1643–1727), minden idők egyik legnagyobb fizikusa, a „Principia" második kiadásában így ír tudományos filozófiájának alapjáról: a „gravitáció erejével megmagyaráztam az égi jelenségeket és a tenger jelenségeit... Még nem vezettem le a gravitáció eme tulajdonságainak okát és nem javasoltam semmilyen hipotézist; mivel minden, ami nem vezethető le a jelenségekből, csak hipotézis, és hipotéziseket ... nem tartalmazhat az experimentális filozófia. Ebben a filozófiában a (megfigyelt) jelenségekre támaszkodunk, és azután indukció segítségével általánosítjuk őket."[7] Newton munkássága szintetizálta és szilárd fizikai alapokra fektette Kopernikusz, Kepler és Galilei eredményeit. A Föld és bármely

más bolygó többé nem volt más, mint egyszerű repülő test, amelyet pálya menti sebessége akadályoz meg abban, hogy a Napba zuhanjon. A csillagászok természetes jelenségként értékelhették a Jupiter holdjait, a Saturnus gyűrűit, a Hold és a Venus fázisait. Felismerték, hogy a „végső mozgató" az általános gravitáció, melynek a földi nehézkedés csupán egy speciális formája. Newton fizikailag alapozta meg Kepler empirikus törvényeit, tökéletesítette Galilei mechanikáját és az infinitezimális számítás bevezetésével megalkotta a felismert törvényszerűségek konkrét alkalmazásához szükséges matematikai formalizmust. Felszámolta a már amúgy is meggyengült korlátokat Föld és Ég között, és a végtelen euklideszi térré tágította a Világegyetem színpadát, amelyet még Kepler is az állócsillagok hipotetikus szférájával szegélyezett. Newton Univerzuma tehát a végtelen térben elszórt csillagokból és bolygórendszerekből állt, melyek mozgását az általános gravitáció kormányozta.

A Világegyetemről alkotott képünk további finomodásában elsődleges szerepet kaptak az egyre tökéletesedő távcsövek segítségével végzett csillagászati megfigyelések. 1781-ben *W. Herschel* (1738–1822) felfedezte az Uranust, az első olyan bolygót, amelyet az ókoriak még nem ismertek. 1783-ban a csillagok mozgásának tanulmányozása közben ugyancsak ő jött rá arra, hogy a Nap sem mozdulatlan. Így nem lehetett többé a Napot sem a Világegyetem centrumának tekinteni. A Föld után a Nap is elvesztette kiváltságos helyzetét. Herschel révén ugyancsak a XVIII. század végén szereztünk tudomást a Tejútrendszer létezéséről, vagyis arról, hogy a csillagok körülöttünk hatalmas, lencse alakú csillagrendszert alkotnak. Érdekes megjegyezni, hogy a csillagászok többsége még századunk elején is azt gondolta, hogy a távcsöveikben látható csillagok és ködök mind ugyanahhoz a csillagrendszerhez tartoznak, mint a Nap. Pedig *I. Kant* (1724–1804) „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels" c. nagy művében már azt a nézetet vallotta, hogy a teleszkópokkal megfigyelhető spirális, elliptikus és irreguláris objektumok nagy része Tejútrendszerünkön kívüli, azaz extragalaktikus csillagrendszer. Több mint 150 évnek kellett azonban eltelnie addig, amíg műszereink megfelelően tökéletesedtek Kant elképzelésének végleges igazolásához.

A Tejútrendszer csak fényévek tízezreiben mérhető méreteinek meghatározására először csak századunk második évtizedében született meg H. *Shapley* módszere, és a huszas évek végén voltunk már, amikor E. P. *Hubble* végül minden kétséget kizárólag kimutatta, hogy az extragalaxisok óriási birodalma valóban létezik. E tízmilliárd fényévnyi karakterisztikus mérettel rendelkező birodalom – a legnagyobb kiterjedésű általunk

ismert rendszer, a Metagalaxis – ráadásul nagyléptékű táguló mozgásban van. Megaszkopikus szerkezetét és időbeli viselkedését ma elsősorban az einsteini általános relativitáselmélet talaján állva igyekszünk leírni, miközben arra törekszünk, hogy leglényegesebb tulajdonságait határesetben az egész Univerzumra extrapoláljuk.

A kozmológiai vizsgálatokhoz kiindulásul univerzális „alapanyagra" és univerzális természeti törvény(ek)re van szükségünk. Arisztotelész számára ezeket az éter – a tökéletes ötödik elem (quinta essentia) – valamint az az alapvetőnek vélt törvény jelentette, hogy a világon mindennek megvan a maga természetes helye és a tárgyak természetes helyzetük visszaállítására törekszenek. Einstein univerzális „anyaga" a téridő, míg a kiindulásul használt princípium a természeti törvények általános kovarianciájának elve. Mint arra már érintőlegesen rámutattunk, az einsteini relativitáselméletet előkészítő gondolatok születése a ptolemaioszi és a kopernikuszi világrendszer közötti harc idejére nyúlik vissza, amikor a vonatkoztatási rendszer helyes kiválasztásának kérdése igen élénk és termékenynek bizonyuló viták középpontjába került.

A VILÁGEGYETEM FOGALMÁNAK JELENKORI TARTALMA

Az elmondottakból láthatjuk, hogy a Világegyetem fogalma mind tartamában, mint terjedelmében rendkívül nagy változáson ment át a régi bal biloni időktől napjainkig. Kezdetben a Világegyetem fogalmilag még nem különült el a földi világtól, és az ókori időkben az Univerzum vizsgálata valamint fogalma nem haladta meg annak az embernek a tapasztalatait, aki csak közvetlen földi környezetét volt képes tanulmányozni. A fejlődés következő foka a geocentrikusnak képzelt és a csillagok szférájával lezárt bolygórendszer Világegyetemként való felfogása volt, majd a heliocentrikusnak leírt Naprendszer, s végül a csillagok rendszere, valamint a galaxisok Metagalaxissá szintetizálódó világa jelentette az Univerzumot. Mindebből világossá válik, hogy mindenkor a rendelkezésre álló elméleti és empirikus anyag segítségével alakítjuk ki azokat az általános vonásokat, amelyekkel a Világegyetemet felruházzuk. A Világegyetem fogalma történelmi ismereteink tökéletesedésével szükségszerűen változik, és fokozatosan tökéletesedve tükrözi vissza a kozmológiai aspektusból vizsgált anyagi világ bizonyos immanens vonásait. A. Sz. Karmin

szavaival élve: „Az ember az objektív valóság megismerése során nemcsak tanulmányozza a Világegyetemet, hanem fogalmilag »teremti« is abban az értelemben, hogy a megismerés során határozza meg nemcsak a tanulmányozott objektum vonásait és tulajdonságait, hanem azt is, hogy milyen objektumot tanulmányoz"[8].

A Világegyetem fogalma tehát nem választható el a „létezés" terminus használatától. Leggyakrabban a létezés empirikus (létezik az, amit közvetlenül vagy műszereink segítségével észlelhetünk), elméleti-fizikai (létezik mindaz, ami valamely fizikai elmélet keretén belül realizálható) és matematikai (létezik az, ami ellentmondásmentesen leírható a matematika eszközeivel) kritériumaival találkozunk. Az empirikus feltételt a „*megfigyelt Világegyetem*" teljesíti (V_1), azaz mindazon objektumok összessége, amelyeket csillagászati (és fizikai) műszereink segítségével észlelhetünk. (Láttuk, hogy V_1 milyen fantasztikus mértékben gazdagodott és tágult ki az elmúlt évszázadok, évezredek során.) Tágabb értelemben véve – gyakran „*csillagászati Világegyetem*" vagy Metagalaxis megjelöléssel – V_1-en a megfigyelt Világegyetem olyan extrapolációját, kiterjesztését értik, amely a közvetlenül észlelt tartományon túl felöleli mindazokat a területeket, ahol az anyag a számunkra megszokott objektumokból (csillagok, galaxisok stb.) áll. A tágabb értelmezés tehát csak mennyiségileg és nem minőségileg különbözik a szűkebbtől. Mindazonáltal idézzük itt emlékezetünkbe Engels ismert kijelentését: „A lét egyáltalán nyílt kérdés attól a határtól kezdve, ahol látókörünk véget ér"[9].

Már a csillagászati Világegyetem felfogása is lehetetlen valamiféle kozmológiai elmélet bevezetése nélkül, amely kapcsolatot teremt a közvetlenül megfigyelhető és a megfigyelések hatókörén kívül eső részek között. (Így ez utóbbiak „elvileg megfigyeltté" válnak.) Csak az empirikus tények elméleti interpretációja útján nyílik lehetőség az extrapolálandó adatok szelekciójára, valamint olyan eljárások kiválasztására, amelyekkel a levont következtetések mind szélesebb körben ellenőrizhetők. Csak a létezés elméleti-fizikai kritériumát felhasználva alkothatjuk meg az Univerzum alkalmas modelljét oly módon, hogy az jó közelítéssel visszaadja a megfigyelt rész sajátosságait, de jelentős mértékben túllépje annak korlátait. A megfigyelt megaszkopikus képre, valamint egyszerűségi és szimmetriaelvekre támaszkodva a modern kozmológiai vizsgálatok kezdetben a Világegyetem homogenitását és izotrópiáját posztulálták, holott az alapvető fizikai elméletek a feltételek, a kölcsönhatások, a jelenségek és az objektumok sokkal szélesebb körét engedik meg annál, mint ami a posztulátum keretében realizálható. Célszerű ezért A. S. Zelmanov nyomán

bevezetni a „*fizikai Világegyetem*" (V_2), azaz olyan objektum fogalmát, amelyben az ismert alapvető fizikai elméletek által megengedett lehetőségek sokfélesége valósul meg. Ha V_2 realitás, akkor a Metagalaxis nyilvánvalóan nem lehet az egész Világegyetem. V_2 inhomogén és anizotróp struktúrája következtében a kozmológiai vizsgálatoknál a Világegyetem fogalmának alábbi három aspektusát kell megkülönböztetnünk: „a Világegyetem egészében véve" (azaz egységes objektumként, részeitől függetlenül megjelenítve); „a Világegyetem mint egész" (a Világegyetem valamennyi tartománya egymással összefüggő egységként tekintve); „az egész Világegyetem" (a Világegyetem összes tartománya, elvonatkoztatva az egymás közötti kapcsolatoktól).

Nyilvánvaló, hogy a Világegyetem fizikai értelmezése is történelmi jellegű, és csak az emberi tapasztalat egy bizonyos részének általánosításához kapcsolódik. Ami ma még „fizikailag lehetetlennek" számít, holnap ténylegesen létezőnek bizonyulhat, és tovább gazdagíthatja a Világegyetemről alkotott képünket. A tudománytörténet azt tanítja, hogy bár nincsenek a megismerés útjában abszolút korlátok, ismereteink mindenkor csupán korlátozott pontosságúak az anyagi világ kimeríthetetlen sokfélesége, valamint a tudatunkban való nem teljesen adekvát tükröződése következtében. Ezen túlmenően a világ a természeti törvények szintjén is végtelenül sokféle. Mindez a fizikai elméletek lezárhatatlanságát vonja maga után. Az egyre teljesebb és átfogóbb elméletek megszületése pedig automatikusan V_2 módosulásával, tökéletesedésével jár együtt.

Ami a létezés matematikai kritériumát illeti, az – legalábbis tudásunk jelenlegi szintjén – a kozmológia számára túlságosan tágnak bizonyul, hiszen bármely kozmológiai modell csupán a tapasztalatból ismert vagy elméletileg valószínűsíthető objektumok, jelenségek, fizikai feltételek és kölcsönhatások együttesével operál. Foglalkozzunk tehát a továbbiakban is a fizikai Világegyetemmel.

Azzal kapcsolatban, hogy V_2 legalább potenciálisan leírhatja-e az anyagi világ összes alapvető vonását, a kozmológiai irodalomban különböző álláspontokat találunk, holott erre a kérdésre egyértelmű válasz adható. Helytelen ugyanis a kozmológiai problémát úgy felvetni, mint az anyagi világnak mint egésznek a problémáját. („Integráns" vagy „globális" kérdésfeltevés.) A materialista dialektika tanítása szerint a természettudományos kutatás tárgya ugyanis nem az anyag mint olyan, hanem az anyagi világ különféle aspektusai, oldalai, melyeket a kutató szelektál empirikus és elméleti eszközei segítségével. Következésképp, a kozmológiai problémákat sem vonatkoztathatjuk az „egészében vett" anyagi világra (mint

ahogy azt például egyes relativisztikus modellek megalkotói tették). A kozmológiában a Világegyetemet csak fizikai aspektusában vizsgáljuk, mégpedig az emberi gyakorlat meghatározott színvonalának megfelelő fizikai elmélet(ek) által megengedett állapotok és formák halmazának tükrében. A Világegyetem fizikai-kozmológiai értelmezése tehát csupán ismereteink egy részének általánosításán és empirikusan „lefedett" környezetünkön túlmutató kiterjesztésén alapul. Ezért V_2 még néhány általános vonásában sem meríti ki a teljes anyagi világot, sőt a jövőben is mindig ez lesz a helyzet. Az anyagi világ általános fogalmát ugyanis nem lehet közvetlenül ontologizálni, pusztán egy fizikai rendszer vonásait tulajdonítva annak.

Csak a tudomány és az emberi gyakorlat egészének megfelelő filozófiai általánosítása útján tehetünk szert arra az alapra, amelyre támaszkodva átléphetünk a fent vázolt korlátokon. Az empirikus ismeretanyagot, ami a világmodell filozófiai alapját képezi, nem annyira a különböző tudományok adott korban elért eredményei szolgáltatják, mint inkább a tudományok – ezen belül a tudományos fogalmak, kategóriák – történeti fejlődéséből leszűrt általános tapasztalat. A materialista filozófia specifikuma, hogy miután az anyagi világgal mint egyedülvalóval foglalkozik, ezen egyedülvalóság és egység szükségszerű következményeként alaptételei egyetemes jellegűek (extrapolálhatóságuknak nincs sem tartalmi, sem terjedelmi korlátja). Bár V_2 nem egyszerűen része a *„filozófiai Világegyetemnek"* (V_3) – hiszen a kozmológia tárgya tartalmi és nem terjedelmi vonatkozásban tér el a filozófia tárgyától – nyilvánvaló, hogy a Világegyetem filozófiai fogalma jóval általánosabb, mint a kozmológiában használatos. A fogalmak tartalmi mélysége és terjedelme közötti inverz logikai összefüggésnek megfelelően azonban meg kell fizetni az egyetemesség „árát". A kozmológia, amikor elméleti-fizikai meggondolások segítségével szelektálja a vizsgálandó objektumok „alapvető" tulajdonságait, bizonyos mértékig biztosítja a minőségi homogenitást. Ez V_2 fogalmi körén belül lehetővé teszi azt, hogy mennyiségi összehasonlításokat végezzünk, és a vizsgált objektumokat mérésekre visszavezethető, szabatos fogalmakkal írjuk le. V_3 – ami tehát azonos az egyetemes anyagi világgal – tulajdonságai csak igen általános, mégpedig a mennyiségi oldaltól elvonatkoztatott formában írhatók le. Ezek a következők: az anyag teremthetetlensége és elpusztíthatatlansága, attribútumainak abszolút jellege; a mozgás megsemmisíthetetlensége, minőségi megmaradása; az anyagi világ végtelensége, kimeríthetetlensége; egyetemes törvények létezése stb. V_3 egyik leglényegesebb vonása a materialista monizmuson alapuló kimeríthetet-

lensége, melyet semmiféle természettudományos elmélet sem foghat át a maga teljességében. Az anyag különböző állapotainak és formáinak konkrét természetét azonban csak természettudományos kutatások segítségével tárhatjuk fel.

A Világegyetem fogalma, mint láttuk, hosszú történelmi fejlődésen ment keresztül és az irodalomban ma is egy sor különböző értelemben használatos. A félreértések és a fogalmi konfúzió elkerülése érdekében a fogalmat minden esetben szabatosan kell definiálnunk. Szem előtt kell azonban tartanunk azt is, hogy a Világegyetem szó különböző jelentései logikailag és genetikailag összefüggenek egymással, ontológiailag közös tartalommal rendelkeznek, egymáshoz való viszonyuk pedig az Univerzumra vonatkozó ismereteink kiteljesedésének komplex és ellentmondásos voltát tükrözi.

JEGYZETEK

[1] *Balázs B.:* Kopernikusz világképe. MTA X. Oszt. Közl., 1974. 19. old.
[2] Vö. *J. Charon:* Cosmology. London 1970. 36. old.
[3] *J. D. Bernal:* Tudomány és történelem. Gondolat 1963. 141. old.
[4] Vö. *A. Koestler:* The Sleepwalkers. New York 1959. 71. old.
[5] Vö. *J. Charon:* Id. mű. 235. old.
[6] *M. von Laue:* Die Relativitätstheorie. Braunschweig 1923.
[7] Vö. *A. Koyré:* From the Closed World to the Infinite Universe. Baltimore 1957. 228. old.
[8] Vö. *J. Charon:* Id. mű. 260. old.
[9] MEM 20. köt. Budapest 1963. 46. old.

Ajánlott irodalom: Végtelenség és Világegyetem. Gondolat 1974.; *G. Santillana:* The Origins of Scientific Thought. New York 1961.; *J. D. North:* The Measure of the Universe. Oxford 1965.; The Idea of the Universe. Moszkva 1978. (A 16. Filozófiai Világkongresszuson elhangzott előadásokból válogatás.) *Simonyi K.:* A fizika kultúrtörténete. Gondolat 1978.; *W. R. Fuchs:* Mielőtt a Föld „mozgásba jött". Minerva 1978.

TIHANYI LÁSZLÓ

A modellezés és mérés elvi és módszertani problémái a kozmológiában

KOZMOLÓGIA ÉS MODERN KOZMOLÓGIA

A kozmológia a csillagászat egyik részterülete, amit a csillagászat és a fizika eszközeivel kapott ismeretek alapoztak meg. A Világmindenség a maga teljességében nem tárgya a kozmológiának. Vizsgálódási szintje szaktudományos jellegű, ami alatta marad a filozófia általánosságának. Tárgya ennél konkrétabb, általánosításai és extrapolációi egyaránt a különös szintjén állnak. A kozmológia – az élettelen természet tanulmányozásával foglalkozó tudományok és a matematika elméleti apparátusának segítségével – történelmileg meghatározott módon tükrözi vissza a Világegyetem *konkrét* részeit. Az, hogy melyek ezek a „konkrét részek", történelmileg úgyszintén meghatározott, és állandóan változik. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy a kozmológia tárgyát a legnagyobb léptékűnek ismert dolgok, viszonyok, folyamatok alkotják.[1]

Mindezt azért kellett előrebocsátanunk, mert a kozmológia fogalmának és tárgyának meghatározásaiban gyakran bukkanhatunk a vizsgálódás szintjét is érintő szemléletbeli hibákra. A kozmológia kifejezés szó szerinti jelentése: a Kozmoszról szóló tudomány. A kozmológia címszó a Természettudományi Lexikonban (Akadémiai Kiadó, 1966) a következőképpen kezdődik: „a világmindenséggel mint összefüggő egységes egésszel, és műszereink hatókörébe eső környezetünkkel mint az Univerzum szerves részével foglalkozó tudományág". A Filozófiai Kislexikonban (Kossuth Könyvkiadó, 1964) is hasonló meghatározást olvashatunk. A következő definíció azonban még kevésbé fogadható el: a „kozmológia az Univerzum mint egész fizikai koncepciója, egy elméletbe fogja a csillagászatilag észlelt világ egészét, amely az Univerzum részét képezi".[2] (Ez utóbbi Zelmanovtól származik.) E meghatározások bizonyos szaktudományos eredményeknek indokolatlanul nagyobb általánosságot tu-

lajdonítanak, mint ami őket megilleté. Ez a felfogás gyakran azt eredményezi, hogy a filozófia egyes kategóriái helyett abszolutizált szaktudományos kategóriákat használnak. Az ilyen jellegű hibák a filozófiai és a szaktudományos kutatást egyaránt zavarják. Szélsőségként néha az tapasztalható, hogy a filozófiát és a kozmológiát egyszerűen azonosítják egymással. Ez nyilvánvalóan az általános összefüggések kutatásának szükségességét megkérdőjelező pozitivista szellemű hozzáállás gyümölcse.

A modern kozmológia elsősorban a következő objektumok és viszonyok vizsgálatával foglalkozik: az extragalaxisokkal és az újabban megismert, velük feltehetően rokon objektumokkal (kvazarokkal stb.), térbeli eloszlásukkal, kölcsönhatásaikkal, halmazaikkal (esetleg szuperhalmazaikkal, vagyis a halmazoknál magasabb fokú hierarchikus rendszerekkel), vöröseltolódásukkal, mozgásukkal és e mozgások kozmologikus tér–idő-léptékben végbemenő változásaival, magukkal a *kozmologikus* tér–idő viszonyokkal, az elektromágneses háttérzajjal, az elemgyakoriság kérdéseivel.[3]

A modern kozmológia interpretációs és elméleti apparátusa igen gazdag, melyek feldolgozásuk első lépéseitől kezdve szorosan összefonódnak a megfigyelésekkel. Kiugró jelentősége van a relativitáselméletnek, amely egyrészt a mai kozmologikus lépték legrelevánsabb kölcsönhatásának, a gravitációnak a legfejlettebb elmélete[4], másrészt segítsége nélkülözhetetlen ahhoz, hogy számításba vehessük a különbözőségeket megfigyelésünk koordinátarendszere és a megfigyelt fényt kibocsátó objektumhoz rögzített vonatkoztatási rendszer között. A természettudományoknak szinte nincs még egy olyan területe, ahol a relativitáselmélet az utóbbi tekintetben ennyire nélkülözhetetlen volna (például: az extragalaxisok színképeiben közönségesek az 1-nél nagyobb relatív vöröseltolódások).

A relativitáselmélet mellett azonban sok egyéb fizikai és asztrofizikai elmélet is nélkülözhetetlen. Ilyenek például az egyes csillagok és egész tejútrendszerek szerkezetére, kozmologikus időléptékbeli fejlődésére, valamint az intersztelláris anyag és sugárzások kölcsönhatására vonatkozó nézetek. A kozmológia elméleti apparátusa tehát nem szűkíthető le a relativitáselméletre!

E dolgozat terjedelme nem teszi lehetővé, hogy külön kiemeljük és elemezzük a kozmológia által felvetett filozófiai kérdéseket.[5] Mindenképpen hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a kozmológia többféle vonatkozásban is a természettudományos megismerés határán áll, ezért a kozmológia más természettudományokhoz képest szorosabb kölcsönhatásban van a

filozófiával. Ám ez mit sem változtat szaktudományos jellegén. Legáltalánosabb fogalmai (például a téridő, egyetemesség, törvény, Világegyetem stb.) sem filozófiaiak, tartalmuk annál konkrétabb.

A MEGFIGYELŐ CSILLAGÁSZAT EXTRAGALAXISOKKAL KAPCSOLATOS PROBLÉMÁI A MODERN KOZMOLÓGIA KIALAKULÁSAKOR

A mai értelemben vett kozmológia nagyjából 1870 és 1930 között alakult ki. Természetesen kezdetei korábbra visszanyúlnak, azonban az említett időszakban mind empirikus, mind elméleti téren igen jelentős minőségi változásokon ment át.

A megfigyelő csillagászat a múlt század végére érett meg ahhoz, hogy az extragalaxis fogalmának modern értelmezéséhez eljuthatott. A „ködfoltokkal" foglalkozó katalógusok anyaga exponenciálisan növekedett (Messier 1781-ben 103, W. Herschel 1784-ben 466, J. Herschel 1864-ben a General Catalogue-ban 5079, J. L. Dreyer 1887 és 1908 között a New General Catalogue-ban 13 000 „ködfoltot" sorolt fel). Ez a bőséges ismeretanyag a későbbiek során differenciálódott. Huggins mérésétől számítva (1864. aug. 19-én a későbbi *NGC* 6543 jelzésű planetáris ködről színképelemzéssel felismerte, hogy gázköd) biztonsággal meg lehetett különböztetni a csillaghalmazokat a Tejútrendszeren belül levő gázködöktől, majd az extragalaxisok és a Tejútrendszeren belül található csillaghalmazok osztályát is elkülönítették egymástól.[6] Az extragalaxisok részletesebb klasszifikálása ezt követően indult fejlődésnek, melyben Hubble alapvető szerepet játszott. Az extragalaxisok szerkezetére vonatkozó ismeretek a továbbiakban párhuzamosan fejlődtek Tejútrendszerünk megismerésével.[7]

A kozmológia szempontjából különösen fontos az extragalaktikus távolságok pontos megállapítása. A századforduló előtt erre vonatkozóan csak néhány becslés történt. A századforduló környékén végzett parallaxismérések a nagy távolságok miatt önmagukban nem vezethettek eredményre. Az első komoly eredményt a „cepheidaparallaxis"-meghatározások szolgáltatták. A Magellan-felhőkben talált cepheidaváltozókra vonatkozó empirikus anyag[8] alapján Edvard Pickering 1912-ben jutott el az ehhez szükséges első összefüggés felismeréséhez:[9]

$$M \sim \log P$$

Ebben az összefüggésben M a cepheida közepes abszolút fényessége, P a változás periódusideje. Ennek az összefüggésnek a segítségével az extragalaktikus távolságok közül elsőként az Androméda-ködét határozták meg. Bebizonyosodott, hogy az összefüggés elvileg és nagyságrendileg helyes volt (bár a későbbiekben többször pontosítani kellett[10]), de távolabbi extragalaxisok meghatározására nem volt alkalmas, mert azokat távcsövekkel nem sikerült különálló csillagokra bontani. Ezért Hubble számos félempirikus módszert fejlesztett ki távolságmeghatározás céljából.[11] Ezek objektív alapját a következő tények képezik: a megfigyelések tanúsága szerint az úgynevezett késői típusú spirál-, valamint az irreguláris galaxisokban a csillagok fényességének felső határa egyforma; az extragalaxisok nagyjából egyforma integrált, abszolút fényességgel rendelkeznek; a novák abszolút fényessége egyforma a kitörés maximumában; a hidrogénködbe ágyazott forró, kék csillagok abszolút fényessége is egyforma. A csillagászati távolságmeghatározó módszerek implicite azon a feltevésen alapulnak, hogy az egyes objektumok hasonlósága saját osztályukban túlmegy azokon a sajátosságokon, amelyek alapján a klasszifikálás történt. Az oksági elv ilyen jellegű érvényesítése a csillagászat sajátságai közé tartozik és elkerülhetetlen. Hubble módszereit is ezért kell félempirikusnak tekintenünk. A kozmológiai távolságmeghatározó eljárások egyike sem elégséges önmagában (az elsősorban objektív okok következtében bennük rejlő bizonytalanság miatt), de együttesen, egymást támogatva már nagymértékben megbízhatóak. A vöröseltolódásra vonatkozó Hubble-törvény megalapozásához felhasznált távolságadatok legnagyobbika 2 megaparsec = 6,5 millió fényév volt. A Hubble-törvény érvényességét 1929-ben kb. 30 millió fényévig terjesztették ki.[12] Ez a távolság szerencsés módon elég kicsi volt ahhoz, hogy a különböző módszerek „koherensek" legyenek, és egymást kiegészítve biztos kiindulási alapot szolgáltassanak a modern kozmológia további fejlődéséhez.

A „KOZMOLOGIKUS VÖRÖSELTOLÓDÁS" (HUBBLE-TÖRVÉNY) FELFEDEZÉSE

Már a legelső relativisztikus kozmológiai modellek képesek voltak arra, hogy leírják a kozmologikus vöröseltolódást: vagyis azt, hogy az extragalaktikus objektumok színképében mérhető relatív vöröseltolódás nagy-

jából egyenesen arányos az objektumok tőlünk mért távolságával. Bár a csillagászati megfigyelések alapján a törvényt csak több mint tíz évvel az általános relativitáselmélet megszületése után sikerült megbízhatóan feltárni, mégsem tekinthetjük az elméletet elsődlegesnek ebben a vonatkozásban, mert szerepe a felismerés folyamatában jelentéktelen. A Hubble-törvény megállapítását a megfigyelő csillagászat eredményei kényszerítették ki a Naprendszer mozgásának vizsgálatából kiindulva.

A Föld Nap körüli keringését már pontosan ismerték. A Tejútrendszerben a Földnek a Naprendszerrel együtt végzett mozgása azonban a múlt század végéig lényegében még ismeretlen volt. A csillagok szögelmozdulásának mérésével a múlt század végére felismerték a „csillagáramok" jelenségét, amiből a századforduló után a Galaxis differenciális rotációjához jutottak el. A Naprendszer mozgásának meghatározása végett kiterjedt programmá vált a Doppler-eltolódások mérése *mindenféle*, a megfigyelő technika számára elérhető csillagászati objektum színképében.

Doppler 1843-ban még – tévesen – úgy vélte, hogy az eltérő színű kettőscsillagok színe a Doppler–Fizeau-effektus miatt látszik különbözőnek. 1888-ban Vogel, majd Scheiner már megkezdte a csillagszínképek Doppler-eltolódásának rendszeres mérését.[13] A legfényesebb csillaghalmazokról is sikerült színképet kapni, s mivel ezek is a Tejútrendszerhez tartoznak, a kimért radikális sebesség a csillagoknál már megszokott néhányszor tíz km/sec nagyságrendbe esett. Ez azzal a reménnyel kecsegtetett, hogy a távolabbi ködfoltok sebessége is hasonló, vagyis mozgásuk kiátlagolásával egyszerű úton megbízható vonatkoztatási rendszerhez juthatunk mind az irány-, mind a sebességmérések elvégzéséhez. Más megfogalmazás szerint tehát: bár az „állócsillagokra" alapozott rendszer elavult, de nem baj, helyébe léphet az „álló extragalaxisokra" épített.

A legfényesebb extragalaxis az Andromeda-köd, róla sikerült először használható színképet kapni (Slipher, 1912). Eszerint az Andromeda-köd 300 km/sec sebességgel közeledik felénk. E nagy sebesség meglepő volt és megnövelte a Naprendszer mozgásának meghatározásában a bizonytalanságot; a vizsgálatokat ki kellett terjeszteni az extragalaxisokra. Ezekből bontakozott ki azután a Hubble-törvény, aminek útja röviden a következő.

A csillagászat II. ekvatoriális koordinátarendszeréhez jobbsodrású derékszögű koordinátarendszert rögzítünk, amelynek x tengelye a Tavaszpont felé, z tengelye az északi égi pólus felé mutat. Ebben egy (v, α, δ) sebességvektor komponensei:

$$X = v \cdot \cos\delta \cos\alpha;\ Y = v \cdot \cos\delta \sin\alpha;\ Z = v \cdot \sin\delta.$$

Ebben α a rektaszcenzió, δ a deklináció. Nyilván

$$v^2 = v \cos\alpha \cos\delta \cdot X + v \sin\alpha \cos\delta \cdot Y + v \cdot \sin\delta \cdot Z, \text{ amiből } v = X \cos\delta \cos\alpha + Y \cos\delta \sin\alpha + Z \sin\delta.$$

A v, α, δ a Naprendszer sebességének polárkoordinátái. Meghatározásukhoz mérést kell végezni a megfelelő irányokban. Azt várták, hogy a statisztikából meghatározott v érték adódik. A megfigyelésekből azonban ez csak úgy volt elérhető, ha az extragalaktikus radiális sebességeket szisztematikus korrekcióval csökkentik, ami a látszólagos fényességekkel áll kapcsolatban. A látszólagos fényességek különbözőségét távolságbeli különbözőségként értelmezve végül a statisztikai feldolgozás feltételi egyenlete:[14]

$$v = X \cos\delta \cos\alpha + Y \cos\delta \sin\alpha + Z \sin\delta + K \cdot r.$$

Bár más távolságfüggéssel is kísérleteztek[15], végül is ez utóbbi összefüggés adta a Hubble-törvényt. Az egyre nagyobb távolságokban észlelt egyre nagyobb extragalaktikus sebességekhez képest a Naprendszer korábban már jól megközelített saját sebessége elhanyagolható volt, így az összefüggésből ez marad:

$$v = K \cdot r,$$

ahol v a sebesség km/sec-ben; K (utóbb H-val jelölték) a Hubble-állandó (első értéke 500 km/smpc); r az extragalaxis tőlünk vett távolsága megaparsec-ben.

A Hubble-törvény előbbi alakja mögött a megfigyelt vöröseltolódások Doppler-effektusként való értelmezése áll. Számos más irányú kísérlet is történt erre vonatkozólag[16], és az értelmezést ma is kiterjedt vizsgálatokkal ellenőrzik (egyetlen színkép különböző részeit kimérve; egyetlen objektum, vagy nagy biztonsággal fizikailag összetartozónak ítélhető objektumok rendszerének különböző részein megmérve a vöröseltolódásokat. Mindez nagy megfigyelési nehézségekkel jár, mert az objektumok többsége egészben is épp elég halvány, és természetesen a fizikai összetartozás megítélése is súlyos gondokat okozhat). A modern kozmológiában a Doppler-effektussal rokon értelmezés uralkodik ma is, mivel az egyéb irányú kísérletek nem vezettek elfogadható eredményre.

Minden kozmológia tárgyát konkrét rendszernek tekintették a csillagászat története során. Newton gravitációelméletéig ezt a felfogást mélyebben nem alapozhatták meg, ezért erősen spekulatív jellegű volt.[17] Newton gravitációelméletének megszületése és Laplace munkája nyomán a Naprendszer egységes égimechanikai elméletéhez jutott el a csillagászat. Ennek sikere szolgáltatta az alapot ahhoz, hogy kiterjesszék a gravitációelmélet érvényességét[18] a Naprendszer határain túlra. A csillagászat műszereinek fejlődése viharosan kitágította a látóhatárt és ez vezetett a newtoni szemlélet felülvizsgálatának szükségességéhez. Az újabb megfigyelések ugyanis a csillagok, később pedig az extragalaxisok nagyléptékű eloszlására vonatkozóan olyan extrapolációkat sugalltak, amelyek következtében ellentmondás keletkezett a valóságban megfigyelhető jelenségek és a newtoni felfogáson alapuló elméleti eredmények között. Az ellentmondást különféle „paradoxonokban" fogalmazták meg. Ilyen például a Cheseaux-Olbers paradoxon[19], ami azzal kapcsolatos, hogy ha a csillagok száma végtelen és térbeli eloszlásuk egyenletes, akkor miért sötét az éjszakai égbolt. A Seeliger-féle paradoxon[20] lényege pedig abban áll, hogy végtelen, nagyjából egyenletes térbeli anyageloszlás esetén a Newton-féle gravitációs elmélettel számítható potenciál (és a belőle adódó gravitációs erő) nem volna egyértelmű, ami pedig minden tapasztalatnak ellentmond.

A fenti paradoxonokban megfogalmazott ellentmondások feloldására tett kísérletek rendkívül ösztönzően hatottak mind a csillagászati megfigyelés, mind az elméletek fejlődésére. Olbers és Cheseaux elnyelő közeggel próbálták a szerintük fellépő fényveszteséget megmagyarázni; Charlier (1922-ig!) a Wright–Kant–Lambert által proponált hierarchikus világszerkezet gondolatát vetette fel. A gravitációelmélet reformja felé közelített Neumann a gravitációs erőtörvény távolságfüggésének megváltoztatásával, de törvényét a Naprendszer bolygóival kapcsolatban már korábban végzett perturbációszámítás sikere miatt nem lehetett elfogadni.[21] Mindezek a kísérletek, amelyek az anyag nagyléptékű eloszlására és égimechanikai mozgására vonatkozó gravitációs kozmológia reformjának „szubjektív" előfeltételei közé tartoztak, konkrét ösztönzést nyújtottak az általános relativitáselmélet létrejöttéhez.

A fizika egyéb területein elért eredmények is megerősítették azt a szemléletet, mely szerint a kozmológia „tartományában" minden más köl-

csönhatás elhanyagolható a gravitációhoz képest. A helyzet tehát hasonló volt ahhoz, mint amikor a kozmológia feladata a Naprendszer leírására korlátozódott. A hasonlóság ellenére azonban lényeges a két feladat közötti különbség: míg a naprendszerbeli mozgásokra legnagyobb befolyással bíró bolygók hatását konkrétan, egymástól függetlenül is számításba lehet venni (a matematikai nehézségek a gyakorlatban leküzdhetők), nem lehet ugyanígy eljárni kb. 10^{10} darab, egymáséval nagyjából összemérhető hatású tejútrendszer esetében. A múlt század közepétől – jobb híján – a frissen kifejlődött termodinamika eredményeinek adaptálásával kísérleteztek, ez azonban inkább csak szemléletformáló hatású volt, semmint hogy konkrét eredményekre vezetett volna. Ennek ellenére ez a kísérlet ebben a tekintetben igen jelentősnek minősíthető.[22] Einstein általános relativitáselméletével azonban érdembeli mód nyílt a statisztikus megközelítésre: a különféle relativisztikus kozmológiai modellek feladata éppen az, hogy racionális közelítések alapján kvantitatíve is egyre pontosabban írják le a „kozmológiai szubsztrátum" égimechanikai mozgásának általános jellemzőit[23] (ennek túlhaladásához más tudományok további fejlődése szükséges).

A GEOMETRIA SZEREPE

A téridő-viszonyok az anyag legáltalánosabb viszonyai közé tartoznak. A kozmológiai téridő-viszonyok az általános szintűekhez képest konkrétabbak. Geometriai eszközökkel ezeknek is csak egy része tükrözhető vissza. Épp ezért megtévesztő, hogy a kozmológiában (és a relativisztikus fizikában úgyszintén) gyakran geometrikus viszonyokra használják a „téridő" elnevezést. E viszonyok ugyan valóban az általános téridő-viszonyok közé tartoznak, de nem merítik ki azokat. Abszolutizálásuk súlyos hiba, ami más fogalmak és eredmények abszolutizálásához vezet, ez pedig gátolja a kozmológia fejlődését is.

A geometria segítségével megfogalmazható téridő-viszonyok leírásában az ókortól máig hatalmas arányú fejlődés ment végbe a kozmológiában. Azt követően, hogy Newton az „abszolút tér" eszméjével az ókori euklideszi geometriát az egész kozmológiai világra kiterjesztette, Bolyai, Lobacsevszkij, majd Riemann az euklideszivel minden tekintetben egyenrangú, de attól különböző típusú geometriákhoz jutottak el. Ez

utóbbiak is a tapasztalatban gyökereznek és következtetéseik összevágnak azzal, de azon túlmenően a kozmológiai világ különböző részein különböző geometriák lehetnek „érvényben", így felmerül érvényességük vizsgálatának igénye.[24] Az általános relativitáselmélet megszületéséig nagy interpretációs bizonytalanságot jelentett az, hogy a lehetséges geometriák közül nem tudtak választani. A relativitáselmélet azzal nyújt e téren alapvetően fontos segítséget, hogy a geometriai lehetőségek és a megfigyelés által többé-kevésbé elérhető anyagi minőségek (tömegek, mozgásaik, eloszlásuk) között kapcsolatot teremt. Az objektív téridőviszonyok „geometrikus" részét a geometria fejlődésével egyre alaposabban és részletesebben írhatjuk le. A mai kifinomult matematikai eszközöket ehhez a differenciálgeometria szolgáltatja (az úgynevezett „fibrált nyalábok").

Néhány példán azt mutatjuk be, hogyan fonódik össze a geometriai leírás a megfigyelő kozmológiával.

Első példánk: a kozmologikus objektumok látszólagos fényintenzitásának és távolságának összefüggése. Ha az objektív viszonyok az euklideszi geometriával írhatók le, akkor az objektumok egy osztályán belül (ahol az abszolút fényességek egyformák) a látszólagos fényintenzitás a távolság négyzetével fordítva arányos. Ha biztosan tudjuk, hogy a viszonyok megfelelnek az euklideszi geometriának, akkor ennek az összefüggésnek mérések útján történő megállapítása semmitmondó. Ha azonban más geometriák érvényességének lehetősége is felmerül, akkor a látszólagos intenzitás és a távolság összefüggése kozmológiai tesztté lép elő. Ekkor elveszítünk ugyan egy „triviális" összefüggést, de ehelyett az a lehetőség áll előttünk, hogy a különböző empirikus eredmények között a relativitáselmélet előtti korban még elvileg elképzelhetetlen típusú összefüggéseket tételezzünk fel, és ezeket a valóban fennállókkal szembesítsük. Vagyis: az anyag nagyléptékű eloszlására vonatkozó statisztikus ismeretünk és az egyedi látszólagos fényességmérések közt teremthetünk kétirányú kapcsolatot, holott korábban legfeljebb azt tehettük meg, hogy a látszólagos fényességmérésekből a nagyléptékű anyageloszlásra következtessünk.[25]

Második példánk egy gyakran használt kozmológiai teszt. Tegyük fel a következőket: euklideszi térben egyenletes eloszlásban extragalaxisok helyezkednek el, melyek vöröseltolódása a Hubble-törvénnyel írható le. Ebben az esetben:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{H}{c_l} \cdot R,$$

ahol z a relatív vöröseltolódás, H a Hubble-állandó, c a fényesség, R a tőlünk mért távolság. Legyen N_z azon extragalaxisok száma, melyek vöröseltolódása z-nél kisebb. Ezek tehát a z-nek megfelelő sugarú gömbben találhatók körülöttünk, azaz:

$$N_z = \frac{4R^3\pi}{3} \cdot \delta,$$

ahol δ az extragalaxisok, mint pontok térbeli sűrűsége. Végül tehát:

$$N_z \sim \text{const.} \cdot z^3.$$

Ha azonban komolyan vesszük azt a feltevésünket, hogy az extragalaxisok egyenletesen oszlanak el, akkor az euklideszi helyett a relativitáselmélet alapján más geometriát kell érvényesnek tekintenünk a valódi viszonyok leírása során. Nem vezetjük le, csak megemlítjük, hogy homogén, izotróp anyageloszlással számított kozmologikus modell alapján az iménti helyett az

$$N_z \sim const. \cdot z^3 \left[1 - \frac{3}{4} \left(2 + \frac{2\pi k\mu}{3H^2} \right) z \right]$$

összefüggést kell várnunk, ahol μ az anyag átlagos térbeli tömegsűrűsége, k a gravitációs állandó.[26]

Harmadik példánk nem más, mint a csillagászati megfigyelések feldolgozásában legkorábban használt modern kozmológiai teszt. Tegyük fel, hogy euklideszi térben egyenletesen eloszolva egyforma abszolút fényességű égitestek vannak. Ha ezeket egy adott látszólagos határintenzitás figyelembevételével a fényesebbektől kezdve összeszámoljuk, akkor ama gömb térfogatával arányos mennyiséget kapunk, ami tőlünk a határintenzitással egyező intenzitású objektumokig terjed. Fogalmazzuk ezt meg a csillagászatban használatos magnitudo-skála segítségével képlet formájában! A magnitudo-skála definíciója:

$$m_1 - m_2 = -2{,}5 \lg \frac{I_1}{I_2},$$

ahol m_i a magnitudoérték, I_i az ennek megfelelő intenzitás. Legyen M az abszolút fényesség (10 parsec távolságról észlelhető fényesség), akkor az úgynevezett távolság-modulus:

$$m - M = -2{,}5 \lg \frac{I \cdot 10^2}{I \cdot R^2} = -5 + 5 \lg R$$

vagyis: $m = 5 \lg R + const.$

Ezzel megkaptuk annak a gömbnek a sugarát, amelynek a határán levő objektumok éppen m fényességűnek látszanak. Ebben azonban összesen

$$N_m = \delta \cdot \frac{4R^3\pi}{3} \text{ db objektum van, vagyis}$$

$$lg\ N_m = lg\left(\frac{4\pi}{3}\delta\right) + 3\ lg\ R = 0{,}6m + const.$$

Az euklideszi viszonyokra vonatkozó feltevést mind a gömbtérfogat kifejezésében, mind az intenzitás–távolság összefüggésben felhasználtuk.

Elsőként Hubble[27] hasonlította össze ezzel a formulával a mérései szerint a 18,47–21,03 magnitúdó-intervallumban adódó $lg\ N_m = 0{,}501m + const.$ összefüggést. Amíg az euklideszi geometria „egyeduralkodó" volt, addig az eltérés okaiként csak azt tételezhettük volna fel, hogy vagy hibásan ítéltük egyformának az objektumokat; vagy nem oszlanak el egyenletesen; vagy a hozzánk érkező fényük útközben nem halad egyenes mentén; természetesen ezek az okok kombinálódhatnak egymással. A geometria mai állása mellett ezekhez még egy lehetséges ok járul: ha az előbbi okok nem állnak fenn, akkor is lehetséges a $lg\ N_m = 0{,}6\ m + const.$ helyett más viszony, amely az euklideszitől különböző, de vele teljesen egyenrangú más típusú geometriának felel meg. Nem részletezhetjük itt a különféle, más-más anyageloszlásból kiinduló relativisztikus kozmológiai modellek megfelelő formuláit, amelyek mindenesetre kevesebben vannak, mint az összes „jogos" geometria a priori képletei.

Példáinkból jól látható, hogy a relativisztikus modellek munkahipotézisek: többé-kevésbé a megfigyelések által feltárt valóságból indulnak ki, azt különféle feltevések alapján jelentős mértékben leegyszerűsítik; majd ezen az alapon „kozmológiai teszteket" konstruálnak, amelyekkel segítséget nyújtanak a további megfigyelések szervezéséhez. Ismét hangsúlyoznunk kell, hogy a modelleket semmiképpen sem szabad abszolutizálni, és kritikusan kell alkalmazni, de alulértékelni sem szabad a valósággal való kapcsolatukat.

Az egymással összefonódó és felsorolás esetén is csak nehezen áttekinthető problémák az interpretációs lehetőségekkel kombinálódva a kozmológiai tesztek számára olyan nagy teret nyitnak, hogy naivnak minősíthetjük azt a várakozást, hogy a jelen tanulmányban említettekhez hasonló, kezdetleges tesztek vizsgálatával rövid úton elintézhető a kozmológiai probléma.

A nehézségek érzékeltetéséhez vizsgáljuk meg azt a kozmológiai tesztet, amely szerint egyszerű összefüggés áll fenn egyenletes térbeli eloszlású, egyforma abszolút fényességű égitestek látszólagos határmagnitudója és az ennél fényesebbnek látszó objektumok száma között!

Ezzel kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy a fényességmérés elvégezhetősége szempontjából legfeljebb az extragalaxisok tekinthetők megfelelő objektumoknak. Az a korábbi feltevés azonban, hogy ezek térbeli eloszlása egyenletes, ma már elavult. A Mt. Palomar Csillagvizsgáló egész égboltunkra kiterjedő hosszadalmas fényképezési programjának eredményeképpen megszületett az úgynevezett Palomar Sky Atlas. Az extragalaxisokra vonatkozó minden korszerű katalógusnak ezek a felvételek képezik az alapját.[28] E katalógusok vizsgálata nyomán kiderült, hogy a galaxisok halmazokba csoportosulnak. Egy átlagos extragalaxis kb. 10^{11} darab csillagból áll, tömege $8 \cdot 10^{10}$ naptömeg. (A Tejút átmérője 10^5 fényév, csillagainak száma $1{,}5 \cdot 10^{11}$.) Az extragalaktikáknak mint pontoknak a sűrűsége: 0,02 darab köb-megaparsec-enként, ami azt jelenti, hogy statisztikus tudomásunk van kb. 10^{10} darab extragalaxis létéről. Már említettük, hogy ilyen mennyiségű objektummal nem lehet megoldani azt a különben közönséges relativisztikus égimechanikai feladatot, amit saját gravitációs terükben való mozgásuk külön-külön történő meghatározása jelentene. Ehelyett egyszerűsítő feltevésekkel kell közelíteni, amit a relativisztikus kozmológiai modellek valósítanak meg. Az egyenletes eloszlás egyszerűsítő feltevésének azonban maguk az extragalaxisok nem felelnek meg, ezért sem a modellek, sem a tesztek szempontjából nem jelenthetik a „kozmológiai szubsztrátum" fő összetevőjét. Az extragalaxis-halmazok átlagos átmérője 5 megaparsec, a bennük levő extragalaxisok száma 130.[29] További statisztikus vizsgálatokat igényel annak eldöntése, hogy a halmazok egyenletesen oszlanak-e el. Karacsencev[30] úgy találja, hogy maguk a halmazok szuperhalmazokká csoportosulnak, melyek átlagos átmérője 42 megaparsec, és hozzávető-

legesen 4–12 darab halmazból állanak, középpontjaik átlagos távolsága 64 megaparsec.

Ahhoz, hogy egyáltalán használni tudjuk a tesztet, nyilvánvalóan fel kell tárni a galaxisok és halmazaik közti viszonyokat, amelyek egyébként halmazról halmazra lényegesen különbözőek lehetnek és a galaxisok keletkezésével is kapcsolatban állnak.[31] Még az extragalaxisok egy halmazhoz való tartozását sem könnyű megállapítani, egymást kiegészítő és megerősítő távolságmérő és klasszifikáló módszerek együttesét kell alkalmazni. Végül is korrekt módon alkalmazva a tesztet, az eredmények galaxishalmazokra vonatkoznak, de ezek fényességének mérésére közvetlen módszerek nincsenek, és különben is nagyon nagy a fényességek szórása. Ez a nehézség azonban áthidalható volna abban az esetben, ha pontosan ismernénk a galaxisok és halmazaik viszonyát.

További problémák lépnek fel a galaxisok különbözőségével, klasszifikálásával kapcsolatban. A különféle extragalaxis-szerkezetek alapos elméleti ismeretének hiányában az osztályozáshoz egyre finomodó fenomenologikus kritériumokat használnak fel. Hubble kezdeti morfológiai osztályozását ma már populáció szerinti [32], forma és spektrum szerinti[33], az aktív galaxismagok kutatásának kibontakozása nyomán pedig a felületi fényességeloszlás szerinti [34] klasszifikáció is kiegészíti.

Ha a megfelelő klasszifikációs módszerekkel sikerül fizikailag egyforma galaxisokat kiválasztani, előtérbe kerül a hasonlónak tekintett galaxisok abszolút fényességének objektív szórása. Azonban az osztályok és a szerkezet összefüggését nem ismerjük elég pontosan ahhoz, hogy elméletileg eljuthatnánk e szórás ismeretéhez. Ennek meghatározása csak a megfigyelések statisztikus feldolgozásával lehetséges és szorosan összefonódik a távolságméréssel és a klasszifikálással.[35]

Ha még az azonos osztályba sorolt tejutak abszolút fényességében sem volna objektív szórás, akkor sem lehetne közvetlenül összehasonlítani ezek látszólagos fényességét. Ezek ugyanis a vöröseltolódás mértékétől függenek. Hamarosan be fogjuk látni, hogy még ezt a viszonylag egyszerűnek tűnő problémát sem lehet megfigyelések nélkül kielégítő módon megoldani.

Aránylag egyszerű volna a helyzet, ha a galaxisok azonos abszolút hőmérsékletű, fekete testként sugárzó csillagokkal volnának benépesítve. Ebben az esetben ugyanis a galaxis egészének fénye adott hőmérsékletű Planck-görbének megfelelő spektrális eloszlású lenne. A vöröseltolódás okául a Doppler-effektust elfogadva, könnyű belátni, hogy z nagyságú relatív vöröseltolódás olyanná teszi a fényt, mint amilyet a T eredeti

hőmérsékletű helyett egy $T' = T\frac{1}{1+z}$ hőmérsékletű abszolút fekete test bocsát ki. Egyáltalán: ekkor egyszerűen számba vehetnénk, hogy a kölcsönös mozgás miatt hogyan változik az észlelhető fényesség mértéke. Természetesen figyelembe kell vennünk, hogy a megfigyelhető spektrum tartományát a műszerkarakterisztika és a légköri hullámhosszfüggő extinkció szabja meg, és a galaxis fényének színképi eloszlása ehhez képest tolódik el.

A galaxisok spektruma azonban nem egyforma, és az egyes galaxisok egyáltalán nem sugároznak abszolút fekete testként. Ennek számos oka van, így például az, hogy a bennük levő csillagok különböző hőmérsékletűek. Az egyes galaxisok fényének spektrális eloszlásához tehát csak mérésekkel lehet eljutni; e konkrét adatok nélkül, kizárólag a vöröseltolódás nagyságának ismeretében nem lehet előre kiszámítani a Doppler-effektus miatt fellépő látszólagos fényességváltozást. A galaxisok színképének meghatározása ezt a problémát szorosan a klasszifikáció feladatához kapcsolja.

Más típusú, rendkívül súlyos problémákat vet fel a galaxisok időbeli fejlődésének kérdése. Az egyes csillagok különböző tempóban fejlődnek, eközben luminozitásuk és spektrumuk egyaránt változik. Egyáltalán: az egész galaxis fejlődik (a benne végbemenő csillagkeletkezés folyamatát is beleértve). A megfigyelt és összehasonlítandó tejútrendszerek különböző korúak; ráadásul fényük nagyobb távolságból, így különböző és fejlődésük időléptékével összemérhető idők után érkezik el hozzánk. (A galaxisfejlődésre vonatkozóan viszonylag kezdetleges elméletek állnak csak rendelkezésünkre, de ellenkező esetben is fennállnának az egyes galaxisok közti objektív különbségek.) Tekintettel arra, hogy a galaxisokat mindmáig csak fenomenologikus szempontok szerint tudjuk osztályozni, az objektumok változásával kapcsolatos problémák összefonódnak a fényességmméréssel, a távolságmeghatározással és a klasszifikációval.

Az eddig felsorolt nehézségeken túl még az is feladata a megfigyelő csillagászatnak, hogy meghatározza (és értelmezze) a különböző felületi fényességű kiterjedt objektumok karakterisztikus luminozitását. Ez nemcsak méréstechnikai probléma, hanem összefügg a galaxisok távolságának meghatározásával és a klasszifikálással is. Ezen kívül az égi háttér fényességét is számba kell venni, ami a statisztikus értékeket nagyobb mértékben befolyásoló halványabb objektumok fényességének mérésében a halványság mértékével növekvő hibát okoz, és 24–25 magnitudónál halványabb objektumok megfigyelésének még a lehetőségét is kizárja.

Bármelyik kozmologikus teszt elemzésével ugyanilyen problémakomplexumra mutathattunk volna rá. Ezek megoldása érdekében a megfigyelő csillagászat, az asztrofizika, a fizika és a matematika számos területe fonódik össze a kozmológiával. Szó sem lehet tehát arról, hogy igazat adnánk annak az elterjedt nézetnek, miszerint a kozmológia a relativisztikus világmodellek kidolgozására szűkíthető le.

A KOZMOLÓGIAI KUTATÁSOK AKTUÁLIS KÉRDÉSEI

a) A vöröseltolódás vizsgálata

Bár Hubble törvényének eredeti megfogalmazása már régen túlhaladott, ennek ellenére az extragalaktikus objektumok vöröseltolódására vonatkozó statisztikus felméréseket még napjainkban is kényelmes ennek alapján összegezni. Ez a következőképpen történik.

Korábban már láttuk, hogy $m = M - 5 + 5 \lg R$, vagyis a látszólagos fényesség és a távolság logaritmusa között egyenes arányosság áll fenn. A Doppler-eltolódás legdurvább közelítése: $z = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$. Ha ebbe Hubble eredeti relációját $(v = H \cdot R)$ helyettesítjük be, akkor a következő egyenletet kapjuk: $\lg z = \lg R + const.$ Tehát a $\lg z$ és a távolság logaritmusa között is egyenes arányosság van. Ezért, ha olyan diagramon ábrázoljuk az egymással rokon objektumokat, melynek koordinátái a látszólagos fényesség, illetve a $\lg z$, akkor egyenest várhatunk. A kisebb vöröseltolódást mutató objektumok ezt az összefüggést jól közelítik, míg a nagyobb vöröseltolódású, úgynevezett „kétes egzisztenciák" már ettől szisztematikus eltérést mutatnak.[36]

A kutatás fő vonalában tehát további, nagy vöröseltolódást mutató objektumok felfedezése, ezek sajátságainak vizsgálata[37], valamint a jelenségek és tulajdonságok statisztikus magyarázata áll. Ez utóbbinak a Hubble-féle megfogalmazáson kívül van egy másik elterjedt módja: a $\lg (c \cdot z) = \lg R + \lg H$ és az $m - M = -5 + 5 \lg R$ relációból adódik a következő összefüggés: $\lg (c \cdot z) - 0{,}2\, m = \lg H - 0{,}2\, M + 5$. A baloldali formula az úgynevezett Hubble-modulus, ami kizárólag megfigyelési adatokra épül. Azonos osztályba tartozó objektumokra nézve értékének

meg kell egyeznie. Ezért ezt új típusú objektumok esetében mindig meghatározzák.[38] Ezzel párhuzamosan széles körű megfigyelések adatai alapján igyekeznek megközelíteni a galaxisfejlődés hatásainak a Hubble-egyenesre gyakorolt befolyását.[39]

b) A galaxisok halmazokba való csoportosulásának vizsgálata

Matematikai-statisztikai módszerekkel objektívebb kritériumokat keresnek a galaxisok térbeli eloszlásának megítéléséhez, és felülvizsgálják a már említett galaxiskatalógusokat.[40] A halmazok vizsgálata e problémát természetesen összefűzi az *a* pontban érintettel.[41]

c) A mikrohullámú háttérsugárzás problematikája

Ennek a felfedezéséért kapták az 1978. évi fizikai Nobel-díjat. Különböző kozmológiai modellek még a mikrohullámú háttérsugárzás felfedezése előtt utaltak ennek lehetőségére, izotópiájára, sőt: egyéb kozmológiai megfigyelések alapján elég pontosan megjósolták spektrális eloszlását is, amely egy *2,7 K* hőmérsékletű abszolút fekete test sugárzásának felel meg. Ez a prognózis mindenképpen az elmélet nagy sikerének tekinthető, azonban ennek értékelésével kapcsolatban óvatosságra int az a tény, hogy különböző elvi alapokon álló hipotézisek egyaránt ide jutottak el.[42] A háttérsugárzás felfedezésének közvetlen előzménye volt, hogy kifejlesztették a vizsgálatára alkalmas műszereket és olyan természetű általános kutatások folytak, amelyek elvezethettek e jelenség feltárásához; ezt a folyamatot lényegesen nem gyorsította meg az elméleti előrejelzés. Jelenleg elsősorban a háttérsugárzás eloszlását és az intergalaktikus anyaggal való kölcsönhatását vizsgálják.[43]

d) A kozmológiai modellek továbbfejlesztése

E munkával elsősorban a megfigyelések számára alkalmas új típusú ellenőrzési lehetőségeket kívánnak elérni. A modellek finomodásával ugyanis egyre fokozódik ez az igény.[44] Így például az úgynevezett Big-Bang modellnek a tényekhez való viszonyát is vizsgálják.[45]

e) Filozófiai és világnézeti kutatások

Az utóbbi időben egyre nagyobb figyelmet fordítanak a kozmológia (és általában a csillagászat) által felvetett filozófiai problémákra, melyek az ismeretelmélet, az ontológia, a fogalmak és modellezés, valamint a gyakorlat problematikáját ölelik fel. Ezen a téren úttörő jelentőségű munka folyik a Szovjetunióban, és általános módszerré válik a különböző területek szakembereinek részvételével folytatott tematikus kutatómunka.[46]

Világnézeti szempontból a modern kozmológia tudománytörténeti elemzése ígéretes terület. Érdekes, hogy szórványos vizsgálatoktól eltekintve nem foglalkoztatja a szakembereket. A fizika és a csillagászat mai állása mellett különösnek találjuk, hogy a csillagászattörténeti munkák többnyire pusztán eseménykronológiák, az alaposabb vizsgálatok pedig még mindig Kopernikusz munkásságának feldolgozásával kapcsolatosak.

A MODERN KOZMOLÓGIA FELADATA ÉS PERSPEKTÍVÁI

A megfigyelő csillagászat különösen napjainkban sok olyan új ismerethez (kvazarok, háttérsugárzás, régebben egyértelműnek látszó jelenségek pontosabb megismerése, a korábbi statisztikus jellegű ismeretek viharos bővülése nyomán ezekben előálló minőségi változások stb.) jut, melyeket a kozmológiának számba kell vennie. Ezek feldolgozásához a kozmológia ismeretanyaga teremti meg a vonatkoztatási alapot, ismereteivel, statisztikáival, különféle interpretációival, modelljeivel és az ezeken alapuló kozmológiai tesztekkel.[47] Ugyanakkor a kozmológia újabb és újabb kutatásokra serkenti a megfigyelő csillagászatot, folytonosan differenciálódik, és egyidejűleg az ismeretek szintézisére ösztönöz.[48] Ezzel párhuzamosan tudományos közéletbeli súlya is egyre növekszik. Magas szintű konferenciákat rendeznek[49], sőt már korábban említettük, hogy a megfigyelő csillagászat újabb eredményét 1978-ban Nobel-díjjal tüntették ki.

A kozmológia – mint láthatjuk – dinamikusan fejlődő tudományág, amelynek jelentős ismeretelméleti feladatokat kell megoldania. Ezek természetesen sokrétű világnézeti és filozófiai problémákat szülnek. A koz-

mológia területén a tartalmi és az elméleti kérdésekkel kapcsolatos interpretációs munka világnézeti támogatás nélkül el sem képzelhető. A kozmológia és a filozófia határterülete gazdag lehetőségeket kínál a kutatás számára.

A tudatos dialektikus materialista hozzáállásnak a tárgyszerű megközelítésben, az új eredmények és gondolatok iránti nyíltságban és befogadókészségben éppúgy meg kell nyilvánulnia, mint a fogalmak kidolgozásával és használatával kapcsolatos igényességben. Ha új eredmények jönnek létre, gondosan elemezni kell ezek *összes* tényezőit. Kárt okoz, ha mindezeket elmulasztva ítélkezünk. Különösen fontos, hogy figyelemmel kísérjük a legújabb eredményeket, természetesen kerülve az alaptalan és korai általánosítást. Látható, hogy mindez különböző területeken dolgozó szakemberek széles körű együttműködését teszi kívánatossá.

A kozmológia által kapott tükörkép megítélésekor nem szorítkozhatunk kizárólag az egyik vagy a másik interpretációra: a tükörkép ennél sokkal gazdagabb, hiszen ez az elméletek és interpretációk teljes szövedékét és a megfigyelési eredmények növekvő halmazát jelenti együttesen. A megfigyelési eredményektől nem várható, hogy azok maradéktalanul és tökéletesen illeszkedjenek egyetlen elmélethez, az interpretációkat pedig többnyire hasznos munkahipotézisként kell felfogni. Mindezt a tanulmányban összefoglaltak is példázzák. Ennek ismételt kiemelését azért tartjuk fontosnak, mert a kozmológia új eredményeivel szemben sokszor olyan fokú bizalmatlanságot tapasztalhatunk, amely már túlmegy az egészséges kritikai hozzáálláson, és fékezőleg hat a tudományos kutatómunkára.

JEGYZETEK

[1] A kozmológia tárgyának történeti változásáról lásd Balázs Béla e kötetben megjelent tanulmányát.

[2] Idézi *G. M. Idlisz:* Universe as Subject of Cosmology: The Idea of the Universe. Moscow 1978. (Előzetes a Filozófiai Világkongresszushoz. Düsseldorf 1978.)

[3] Az óriási terjedelmű empirikus ismeretanyagról jó összefoglalás található a következő műben: *A. Sandage–M. Sandage–J. Kristian:* Galaxies and the Universe. (Stars and Stellar Systems.) New York 1976.

[4] Érdekes, hogy a kozmológia e tekintetben „tréningben" van. Newton, Kant és Lap-

lace korában, mikor a kozmológia lényegében a Naprendszer felépítésével foglalkozott, már előfordult egyszer, hogy minden egyéb kölcsönhatás elhanyagolhatónak mutatkozott az egyetemes tömegvonzáshoz képest. Ennek a modern kozmológia is nyilván sokat köszönhet.

Bár a relativitáselmélet ma a legtökéletesebb gravitációelmélet, még napjainkban is kísérleteznek újabb elméletek felállításával. Így például *P. Rastall:* Cosmology with Another Theory of Gravitation. Astrophysical Journal (Ap. J.) 1978. 220. vol. 745. old. Minden kísérlet ellenére a legmegfelelőbb összefoglaló interpretáció jelenleg az általános relativitáselméleten alapszik. Ezzel e tanulmány keretein belül részletesen nem foglalkozhatunk, de az itt megadott mű 2. kötetének VI. része részleteiben ismerteti ezt a problematikát: *Ch. Misner–K. Thorne–J. Wheeler:* Gravitation. San Francisco 1973. (A könyv orosz nyelven is megjelent. Moszkva 1977.)

[5] A filozófiai problémákról bővebben. *A. Turszunov:* Filoszofija i szovremennaja koszmologija. Moszkva 1977.

[6] Ez az osztályozás elsősorban tudományos vitákban alakult ki, melyek főként a Tejútrendszeren kívül eső csillaghalmazok létére vonatkozó, W. Herschel, majd S. Alexander által támogatott koncepcióval álltak kapcsolatban. Az utolsó komolyabb ellenvéleményt ezzel kapcsolatban lásd *R. Proctor:* Más világok, mint a miénk. Budapest 1875. (A mű első ízben 1867-ben jelent meg angol nyelven.)

[7] E folyamat történeti összefoglalását lásd *Ch. A. Whitney:* A Tejútrendszer felfedezése. Budapest 1978.

[8] *H. S. Leavitt:* 1777 Variables in the Magellanic Cloud. Annals of Harvard Coll. Obs. 60. vol. 4. sz. 87. old.

[9] *E. Pickering:* Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellanic Cloud. Harvard Coll. Obs. Circular. 173. vol.

[10] Néhány példa: *H. Shapley:* Studies Based on the Colors and Magnitudes in Stellar Clusters. VI. Contr. from Mt. Wilson Solar Obs., 151. vol.; *B. Gerasimovic:* The Proper Motions and Luminosities of Galactic Cepheids. Astronomical Journal (A. J.) 1931. 41. vol. 17. old.; A kezdetben egységes cepheidákat később két populációra osztották, amelyek egymástól másfél magnitudoval különböznek. A kalibrálás bármiféle változása maga után vonja az extragalaktikus távolságok revízióját. Az összefüggés felülvizsgálata még napjainkban sem ért véget.

[11] *H. Hubble:* A Relation between Distance and Radial Velocity among Extragalactic Nebulae. Comm. from the Mt. Wilson Obs. to the National Acad. of Sci., 1929. 105. vol.

[12] Lásd az előbbi jegyzetet.

[13] Lásd *J. Scheiner:* Népszerű asztrofizika. Budapest 1916. Magas színvonalú, alapos feldolgozás a századforduló csillagászati spektroszkópiájáról.

[14] Lásd a 11. számú jegyzetet.

[15] Lásd a 11. számú jegyzetet. (25. old.) Lundmark 1925-ben a távolság másodfokú polinomjával kísérletezett, ez azonban 3000 km/sec-os maximális sebességet eredményezett, és el kellett vetni, mihelyt ennél nagyobbat mértek.

[16] Összefoglalásukat lásd *Balázs B.–Paál Gy.:* A kozmológiai vöröseltolódásról. Csillagászati Évkönyv, 1976. 243. old.

[17] Tény, hogy a püthagoreus harmóniafelfogás a gyakorlatban gyökerezett, de a rezgő húrokkal kapcsolatos tapasztalatok érvényét korlátlanul kiterjesztették. Ez a harmóniaszemlélet túlélte a középkort, Kepler „Harmonices Mundi"-ja (1619) is erre

rezonál. Newton korában pedig a gondolkodók még klasszikus műveltséggel rendelkeztek, így konkrét ötleteket kaptak ebből az elméletből.

[18] Ez egyáltalán nem volt magától értetődő. Többszörösen összetett csillagok egymás körüli mozgásának megfigyelése alapján még jóval később is vizsgálták a Newton-féle gravitáció „egyetemességét".

[19] *E. Halley*, 1720 (Phil. Trans. 31. vol.), továbbá *J. Cheseaux*, 1744 (lásd a „Traité de la cométa qui a paru en Decembre 1743." c. könyvének függelékét), valamint *H. Olbers*, 1823.

[20] *H. Seeliger:* Ueber das Newton'sche Gravitationgesetz. Astron. Nachr., 1895. 137. vol. 128. old.

[21] *C. Neumann:* Allgemeine Untersuchungen über das Newtonsche Prinzip der Fernwirkungen. Leipzig 1896. Ezt az elméletet kritizálja *H. Seeliger:* Sitzungberichte der König. Bayerischen Akad. der Wissenschaften zu München, 1906. 36. vol. 595. old.

[22] A Metagalaxist egyetlen termodinamikai rendszernek tekintették, és a múlt század közepén Robert Mayer és Helmholz munkája nyomán megfogalmazott megmaradási tételeket állították fel erre vonatkozólag. Ezzel egyrészt a megmaradási tételekben szereplő fogalmak általánosabb megfogalmazására ösztönöztek, másrészt a Világegyetem fogalmával kapcsolatos világnézeti kérdések felvetődését is elősegítették. Forradalminak nevezhető és máig is hat a kor új szemlélete, amely az addig pusztán mechanikai mozgást végző Metagalaxis helyébe időben változó, fejlődő és minőségi szempontból sokrétű mozgást végző, újra keletkező, elpusztuló és egymást felváltó rendszerek összefüggő sokaságát állította. (Kelvin például az ősködből létrejött csillagok keletkezésével, egyensúlyával, energiatermelésük forrásával és pusztulásával foglalkozott, és a gáztömegekre vonatkozó meggondolásokat átvitte galaxisméretű, sőt még ennél is nagyobb kiterjedésű ősködökre is.) Miután felismerték a mechanikai és az elektromágneses energiák egymásba való átalakulásának lehetőségét és módjait, kialakult és világnézeti viták tárgya lett a Clausius-Carnot-féle hírhedt hőhalál-elmélet, melynek szerepe némiképp rokon az Olbers- és Seeliger-féle paradoxonokéval.

[23] E tanulmány keretei közt nem foglalkozunk a különböző relativisztikus kozmológiai modellekkel, csupán a 4. számú jegyzet irodalmára utalunk.

[24] Helmholtz csillagászati vizsgálatokat javasolt annak tanulmányozására, hogy a tér nem Riemann-szerkezetű-e. A légköri refrakció analógiájára, magyarázatként az „éter fénytörését" véve alapul, szabályos eseményhorizontot modellezett, éspedig mindezt az általános relativitáselmélet megjelenése előtt több, mint 40 évvel. Ez azt példázza, hogy korábban a relativitáselmélet számára fogalmi téren is termékeny talaj alakult ki. (Idézi *S. Arrhenius:* A világegyetem élete. Budapest 1914. 199. old.)

[25] Homogén és izotróp anyageloszlás alapján számított kozmológiai modell intenzitás–távolság összefüggését találhatjuk meg a következő műben: *L. Landau–E. Lifsic:* Klasszikus erőterek. Budapest 1976. 478. old.

[26] Lásd az előbbi jegyzetet. (480. old.)

[27] *E. Hubble–R. Tolman:* Two Methods of Investigating the Nature of the Nebular Redshift. Ap. J., 1935. 82. vol. 336. old.

[28] Például *E. Zwicky* és munkatársai: Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies, Caltech (folyamatosan bővülő anyag), továbbá a „The Uppsala General Catalogue of Galaxies"-ban stb.

[29] Az eddigi adatokat megtalálhatjuk: *C. Allen:* Astrophysical Quantities. London 1973. (A könyv orosz nyelven is megjelent. Moszkva 1977.)

[30] *Karacsencev:* Nyekatorije sztatisztycseszkije haraktyerisztyiki szverhszkopljenyij galaktyik. Asztrofizika, 1966. 2. évf. 3. sz. 307. old.

[31] A galaxishalmazokat régebben a gravitáció által kötött rendszernek tartották. Az utóbbi időkben azonban megnövekedett a „galaxisláncok" iránti érdeklődés. Elsőként még a múlt században a „Stephan-quintett" vált ismertté, és erről Ambarcumjan 1958-ban megállapította, hogy mechanikai összenergiája pozitív, vagyis gravitációsan nem kötött rendszer (lásd *A. Kallogjan–N. Kallogjan:* Trjohszvetnaja kolorimetrija kvintyeta Sztefana. Asztrofizika 3., 3. sz. 209. old.; *H. Arp:* Stephan's Quintet of Interacting Galaxies. Ap. J. 183. vol. 411. old.

[32] *W. Morgan–D. Osterbrock:* On the Classification of the Forms and the Stellar Content of Galaxies. A. J., 1969. 74. vol. 515. old.

[33] *W. Morgan–N. Mayall:* A Spectral Classification of Galaxies. Publications of Acad. of Sci. of Pacific (PASP), 1957. 69. vol. 291. old.

[34] Összefoglalóan lásd *A. Sandage–M. Sandage–J. Kristian:* Galaxies and the Universe. Stars and Stellar Systems (IX. fejezet) New York 1976.

[35] Ezt a problémát már a Hubble-féle távolságmeghatározási módszerek első kritikusai felvetették, így például *A. Eddington* (Monthly Notices, 1937. 97. vol. 156. old.) kimutatta, hogy az egyformának tekintett elliptikus óriásgalaxisok abszolút fényességének szórása a látszólagos fényességben 0,56 magnitudo hibát indokolhat.

[36] *D. E. Evans:* External Galaxies and Quasi-stellar Objects. IAU-Symp. (1972) 44. sz. 407. old. Ebben a kiadványban *J. Rees* többek között Burbidge és munkatársai kutatásaira hivatkozik. Ezek szerint a kvazarok általában a Hubble-egyenes fölött helyezkednek el a diagramon. (*J. Rees:* Cosmological Evidence from QSO-s and Radio Galaxies.)

[37] *B. Peterson et al.:* A Red Object with a Redshift of 3,20. Ap. J. 1978. 222. vol. 81. old. Ez azért érdekes, mert a nagy vöröseltolódású objektumok intenzív kék fényt bocsátanak ki. (A vöröseltolódás eddig észlelt maximális értéke: 3,53.) *A. Wolfe et al.:* A Coprehensive Radio Study of the z = 0,524 absorption system in... Ap. J. 222. vol. 752. old. Általában minden módon igyekszenek kiterjeszteni az észlelhető spektrumot a „látható ablakon" túlra és a még viszonylag kevésbé felmért déli égboltra (Lásd *D. Jauncey et al.:* Redshits of Southern Radio Sources. (III.) Ap. J., 1978. 219. vol. 1. old.)

[38] *Ch. Krieger:* The Hubble-modulus of Markarian-galaxies. Ap. J., 1978. 221. vol. 101. old.

[39] *W. Tifft:* Redshift-magnitude Bands and the Evolution of Galaxies. (I–II.) Ap. J., 1978. 222. vol. 54., 421. old.

[40] *J. Fry–P. Peebles:* Statistical Analysis of Catalogs of Extragal Objects. (IX.) Ap. J., 1978. 221. vol. 19. old.

[41] *J. Kristian–A. Sandage–J. Westphal:* The Extension of the Hubble-diagram. (II.) Ap. J., 1978. 221. vol. 383. old. Ebben a cikkben olyan távoli galaxishalmazokat ismertetnek, melyek eltérnek a Hubble-egyenestől. Ez azért jelentős, mert szisztematikus eltérést korábban csak a kvazarok esetében tapasztaltak.

[42] Lásd a 16. számú jegyzet irodalmát.

[43] *R. Gould–J. Raphaeli:* Compton Scattering of Microwave Background Radiation by Gas in Galaxy Clusters. Ap. J., 1978. 219. vol. 1–2. old.

J. Tarter. Some Probl. with the Interpretation of Recent Microw. Backgr. Rad. Observations in the Direction of Gal. Clusters... Ap. J., 1978. 220. vol. 749. old.

[44] *M. Davis–M. Geller–I. Huchra:* The Local Mean Mass Density of the Universe: New Method for Studying Galaxy Clustering. Ap. J., 1978. 221. vol. 1. old.
M. Davis-L. May: New Observations of the Radio Absorption Line in 3C 286. With Potential Application to the Direct Measurement of Cosmological Deceleration. Ap. J., 1978. 219. vol., 1. old. *G. Steigman:* A Crucial Test of the Dirac Cosmologies. Ap. J., 1978. 221. vol. 407. old.

[45] *D. Olson:* He-production and Limits on the Anisotropy of the Universe. Ap. J., 1978. 219. vol. 777. old.
A 37 45. számú jegyzetekben az Astrophysical Journalban 1978-ban megjelent kozmológiai tárgyú cikkeknek csak kb. az egyharmadát idéztük. Jól érzékelhető, hogy a különböző abstracts-ok segítsége nélkül egyetlen személy számára leküzdhetetlen nehézséget jelent az új kozmológiai publikációk megjelenésének puszta tudomásulvétele is.

[46] *V. Kazjutyinszkij-M. Omeljanovszkij–Ju. Szacskov:* Filoszofszkije problemi asztronomiji XX. veka. Moszkva 1976.; lásd továbbá az 5. számú jegyzetet.

[47] *J. D. North:* The Measure of the Universe. A History of Modern Cosmology. Oxford 1965.; lásd továbbá a 7. és a 46. számú jegyzet irodalmának egy-két cikkét.

[48] Így például csak a vöröseltolódás területén: *M. Humason-N. Mayall-A. Sándage:* Redshifts and Magnitudes of Extragalactic Nebulae. A. J., 1956. 61. vol. 3. old.; *A. Sandage-E. Hardy:* The Redshift-Distance Relation. (VIII.) Ap. J., 1975. 202. vol. 565. old.

[49] Így például a „Relativity, Astrophysics and Cosmology" nyári iskola. Banff-Center, 1972. aug. 14 26. (Kiadványát *Werner Israel* szerkesztette. Astrophysics and Space Science Library.)

SOÓS GYULA

Kozmológia és matematika

Az asztrofizikusok szerint a csillag kialakulásának első fázisa a szétszórt csillagközi anyagnak a gravitációs vonzás miatt bekövetkező összesűrűsödése és összehúzódása. A kontrakció növeli az anyag sűrűségét és hőmérsékletét. Ha ezek megfelelően magas értéket érnek el, a nukleáris „fűtőanyag" égésnek indul. Csillag születik, amely a Hertzsprung–Russell diagram *fősorozatára* kerül, ahol viszonylag stacionárius állapotban váltakozó hosszúságú időt tölt el. A csillag „normális" életének a fűtőanyag kimerülése szab határt. Ha ez bekövetkezik, letér a fősorozatról s a születési adatoktól függően fehér törpeként – neutron csillagként (pulzárként) vagy feketelyukként fejezi be pályafutását.

J. Dieudonné[1] a matematikát egy galaxishoz hasonlítja. „Csillag" születik, ebben a „galaxisban", valahányszor néhány probléma egy általános módszer kialakulásához vezet, valahányszor az egymáshoz gravitáló tételek és ismeretek laza halmaza akkora koncentrációt ér el, hogy lehetővé válik az axiomatikus leírás, a megalapozás. Az új „csillag", azaz a módszer vagy az axiomatikus elmélet a matematika „főáramlatába" kerül. A főáramlat komponensei között természetesen számos kapcsolat alakul ki, az elméletek („a csillagok") kölcsönhatásba kerülnek egymással. Egy elmélet addig marad a főáramlatban, amíg jelentős problémáit rendre meg nem oldotta. „Fűtőanyag", azaz, problémák híján az elmélet kapcsolata a „galaxis" egyéb „csillagaival" vagy azért lazul meg, mert teljes mértékben csak a speciális problémákra koncentrál, vagy azért, mert minden motivációtól mentes, öncélú axiomatikus vizsgálódásokban merül el.

A főáramlaton kívülre sodródott diszciplínák közé sorolja Dieudonné az elemi geometriát, az elliptikus függvények elméletét, továbbá a komplex változós függvénytant, sőt, bizonyos értelemben ez a sors fenyegeti az általános topológiát – a funkcionálanalízist is.

Az általánosítás kézenfekvő: a matematika „galaxisához" hasonló

képet, szerkezetet mutat bármely kellően fejlett és strukturált természettudomány is. A tudomány „égi szféráján" elhelyezkedő „galaxishalmaz" egyedei egymással szorosabb-lazább kölcsönhatásban állnak. Különösen szoros ez a kapcsolat a fizika és a matematika „galaxisai" között. Tudománytörténeti tény ma már, hogy e két „galaxisban" számottevő gyakorisággal egymással párhuzamos események zajlottak le. Tény viszont az is, hogy évszázadokon át egészen napjainkig talány volt, s talán az is marad még hosszú időn át, a matematikának az a látványos sikerek ezreivel bizonyított képessége, hogy tükrözni képes a fizikai valóság számos aspektusát. „Az ember óhatatlanul úgy érzi, hogy ezek a matematikai formulák független egzisztenciával rendelkeznek, megvan a saját intelligenciájuk, bölcsebbek, mint mi magunk, felfedezőjüknél is bölcsebbek, sokkal többet nyerhetünk belőlük annál, ami eredetileg bennük volt." (Hertz) „A helyzet egy olyan emberéhez hasonlatos, aki egy kulcscsomót kap azzal a feladattal, hogy ajtókat nyisson fel, s akinek ez mindig sikerül is már az első vagy második próbálkozásra. Emberünknek kételyei támadnak az ajtók és a kulcsok közötti kölcsönösen egyértelmű megfeleltetést illetően." (Wigner Jenő)

A matematika nemcsak eszközt ad a jelenségek kvantitatív megragadására, de a matematika galaxisa az, amely már kész, vagy a „csillagfejlődés" különböző fázisaiban levő modellek, elméletek, módszerek „kölcsönzésével" lép kölcsönhatásba a tudományok szférájának majd minden galaxisával.

A talány (vagy „talány") feloldása filozófiai feladat.[2] Az előző pontban „kozmikus" méretűvé fogalmazott probléma további taglalásához a tudományos kozmológiáról ejtsünk néhány szót. Ez a ma már teljesen önállósult tudomány az Univerzum szerkezetének leírására, élettörténetének felvázolására vállalkozik. A kozmológia sajátos tudományos fórum fizikusok, csillagászok, asztrofizikusok, geológusok, matematikusok és nem utolsósorban filozófusok együttműködésére. Ez az együttműködés korántsem mentes súrlódásoktól, felizzó vitáktól. Ezen a fórumon immár 60 éve kozmológiai modellek versengése zajlik. A verseny futamról futamra élesebbé, könyörtelenebbé válik. Számos versenyzőt a tapasztalat egyszer s mindenkorra diszkvalifikált, már csak a „hétpróbás" versenyzők futnak, s a cél meglehetősen távolinak tűnik.

„Hétpróbás" versenyzők azok az elméletek, amelyek elfogadható módon értelmeznek egy sor fontos jelenséget, tényt: a Merkur perihélium mozgását, a gravitációs vöröseltolódást, a fénysugarak görbültségét, a gravitációs hullámokat, a radarjelek késése alapján számított „idő-

lelassulást", a geodetikus precessziót stb. A még versenyben maradt „hétpróbás" futók többnyire az általános relativitáselmélet kozmikus és laboratóriumi próbáit kiállt *relativisztikus kozmológiai modellek.*

Nem is oly régen, megfigyelési adatok híján, kozmológiai elvek kimondásával korlátozták a választható kozmológiai modellek körét. Ilyen elvekre példa a perfekt kozmológiai elv, mely szerint az Univerzum nagybani képe minden megfigyelő számára bárhol és bármikor változatlan (Hoyle-Gould), vagy pedig a Milne-elv: a galaxisok mozgása olyan, hogy a különböző galaxisokon elhelyezett megfigyelők fényjelek cseréje révén univerzális idősémában egyezhetnek meg (ebből az elvből, táguló Univerzumot feltételezve, a Hubble-törvény, továbbá az is levezethető, hogy a galaxisok sebessége időben állandó). Ma már azonban megérett az idő arra, hogy ezeknek az elveknek is (vagy legalábbis legtöbbjüknek) búcsút mondjunk: az elmúlt két évtized asztrofizikai felfedezései egymagukban, kozmológiai elvek nélkül is bőven elegendők ahhoz, hogy a konkurrens kozmológiai modellek közül kirostáljuk a tapasztalatnak ellentmondó egyedeket. A régi szép idő elmúlt: a kozmológia, mely egykor a teoretikusok „paradicsoma" volt, egy csapásra „pokollá" változott. A „tisztító tűz" csak keveseket kímélt meg: a korábban említett „hétpróbás" versenyzőket, a relativisztikus kozmológiai modelleket.

Az általános relativitáselmélet szűkebb értelemben, egyfajta gravitációelmélet, bővebb értelemben a makrofizika átfogó (matematikai) elmélete.[3] A zárójelbe tett jelző arra utal, hogy a makrovilág *nem* matematikai objektum, és még kevésbé (formálisan) dedukálható matematikai tételek rendszere. Nincs olyan matematikai struktúra, amely átfogná és lefedné a fizikai valóságot. (Egységes fizikai elmélet sincs: a mikrovilág [matematikai] leírása a kvantumelmélet programját képezi.)

Az általános relativitáselmélet, végső soron, három komponensből tevődik össze: (M, F, A) ahol M a *téridő*, F az *elektromágnesség*, A pedig az *anyag* fizikai-matematikai modellje.

Az M-mel jelölt komponens teljes egészében matematikai, közelebbről differenciálgeometriai fogalom. Pontosabban: *téridőn* egy (M, g) kettőst értünk, ahol M egy négydimenziós, összefüggő, időben irányítható, Lorentz-metrikával ellátott tér. A g metrika a téridő „mindenese". A metrikára vezethetők vissza a következő fogalmak: távolság, idő, ortogonalitás, kauzalitás, sebesség, gyorsulás, geodetikus görbe, megfigyelő, vonatkoztatási rendszer, gravitációs mező, görbületi tenzor, Ricci-tenzor – s még sokáig folytathatnánk a felsorolást. Az (M, g) párban ölt precíz matematikai mezt az a felismerés, hogy *tér, idő és gravitáció egy*

egységbe olvadó fizikai entitás három aspektusa csupán. (A tér és idő szintézise már a speciális relativitáselmélet keretein belül megtörtént. Einstein érdeme, hogy a gravitációt is „geometrizálni" tudta.) A „relativitás" szó annyiban jogosult, hogy konkrét fizikai szituációkban nem is (M, g) maga, hanem a vele *izometrikus* kapcsolatban álló téridők ekvivalenciaosztálya lényeges (a konkrét reprezentáns választása tehát relatív).

Az F komponens az elektromágneses mezőt írja le. Az elektromágneses mező legújabb értelmezését (a gravitáció, valamint a kvantumeffektusok figyelmen kívül hagyásával) éppen a speciális relativitáselmélet apparátusa tette lehetővé azáltal, hogy „megszüntette" az elektromos és mágneses mező „önállóságát".

A jóval bonyolultabb matematikai leírás ellenére a téridő logikailag egyszerűbb a tér és az idő fogalmánál. Ugyanez állítható az elektromágnesség relativisztikus elméletéről is.

Sajnos, mindez nem mondható el a harmadik, az A komponensről. Az anyagmodellek többnyire sikerrel hárítják el a matematizációs törekvéseket. Pontosabb megfogalmazásban: nincs átfogó relativisztikus anyagmodell, melyből minden (legalábbis klasszikus értelemben vett) anyagi képződmény speciális esetként, vagy pedig határátmenet révén levezethető volna. (Viszonylag egyszerűen kezelhetők a kozmológiában is szerepet játszó anyagfajták: inkoherens gáz [por], ideális folyadék, fotongáz stb.). Szerencsésnek mondható viszont az a körülmény, hogy az ismert anyagfajták, anyagi képződmények téridőbeli eloszlása matematikailag egy másodrendű T tenzorral, az *energiaimpulzus tenzorral* leírható. A g-vel adott metrikához hasonlóan T is egyesít és általánosít egy egész sor (newtoni) fogalmat: sűrűség, energiasűrűség, impulzus, energiafluxus, nyomás, anizotróp feszültség stb.

(M, F, A)-ban az egyes komponensek egymástól nem függetlenek. *Kölcsönhatásuk* leírása az általános relativitáselmélet tárgya. M, F és A együttesen hathat A-ra: ezt a hatást írják le az *anyagegyenletek; M* és A hatását F-re a *Maxwell-egyenletek* (relativisztikus variánsai) tükrözik; végül F és A módosítja M szerkezetét, mégpedig Einstein híres *téregyenlete:*

$$G = 8\pi T$$

szerint, ahol T az A és F közös energiaimpulzus tenzora, G pedig az M *geometriájából* leszármaztatott Einstein tenzor $\left(G = Ric - \frac{1}{2}g\right.$, ahol R a görbületi skalár).

Az általános relativitáselméletnek ezt a vázlatszerű felidézését azért tartottuk szükségesnek, hogy megfogalmazhassuk a (relativisztikus) kozmológia feladatát. Ez a feladat „mindössze" abban áll, hogy az elvileg „elképzelhető" (M, F, A) hármasok közül kiválogassuk azokat, amelyek az Univerzum szerkezetét és életrajzát a „legjobban" approximálják. Hogyan lehet ennek az első hallásra szinte kilátástalannak tűnő feladatnak a megoldásához hozzáfogni? Valahogy így: a kozmológus áttekinti a fontosabb (vagy annak vélt) adatokat, majd olyan (M, F, A)-val próbálkozik, amely összhangban áll az adatokkal (vagy ezek jelentős hányadával). A modell birtokában lehetővé válik az adatok tüzetesebb elemzése, interpretálása, s a modell megfelelő finomítása, illetve módosítása, ha új (és kozmológiailag releváns) adatok ezt szükségessé teszik.

Sajátos „hibás körben" mozog tehát minden kozmológus, de kivétel nélkül a természettudomány minden képviselője is: empirikus adatok, tények elemzése valamennyire is összefüggő módon nem lehetséges valamely (explicite vagy implicite használt) elmélet nélkül, viszont még a legkezdetlegesebb modell sem választható meg tapasztalati adatokra való hivatkozás nélkül. Világos ezek után, hogy a kozmológiai modellek kivétel nélkül korlátozott érvényűek, „életbiztosítást" legtöbbjükre kötni nem érdemes. A „kevesebb-több" elve alapján a kozmológus, kezdetként, szándékosan „agyonegyszerűsített" modellekre szorítkozik, hogy megértse, hogy minőségileg mely fizikai adatoknak, tényeknek van domináns szerepe, mielőtt bonyolultabb elméletre térne át. Igen nagy valószínűséggel minden modell részben (rosszabb esetben teljesen) használhatatlannak bizonyul, viszont óriási mennyiségű empirikus adat egyidejű elemzése másként nemigen lehetséges.

A „kevesebb-több" elv alkalmazása hozta létre az *alapvető kozmológiai modellek* kategóriáját. Ezek úgy alakultak ki, hogy az (M, F, A) hármas mindegyik komponensére, ab initio, de kompatibilis módon hipotéziseket mondanak ki, hogy a legfontosabb tények (a galaxishalmazok viszonylag egyenletes eloszlása, a tapasztalati Hubble-törvény, az Univerzum [jelenlegi] expanziója, a háttérsugárzás eredete stb.) a modellben koherens módon kapjanak helyet. A jobb modellek (ilyen például a Fridmann modell, valamint az Einstein–de Sitter modell) legalább két következtetés levonására jogosítanak fel:

a) úgy látszik, hogy az Univerzum nagyon korai korszakának kivételével, az alapvető (tehát idealizált) kozmológiai modellek talán jobban approximálják az Univerzumot, mint jóval bonyolultabb társaik;

b) ezek a modellek azt is sugallják, hogy az Univerzum életében vol-

egy igen forró, igen sűrű anyagot tartalmazó, erősen „görbült" téridőtartomány („big bang"), amelynek leírása egyszerű kozmológiai modellel már nem lehetséges.

Illusztráció gyanánt, anélkül, hogy részletesebben interpretálnánk minden fontosabb következményét, leírjuk az alapvető kozmológiai modell feltevéseit (bővebben lásd *H. W. Sachs:* „General Relativity for Mathematicians" c. könyvében).

Ezek rendre:

1. $F = 0$ (a korai korszaktól eltekintve az elektromágnesség nem játszik szerepet, a gravitáció dominál);
2. A véges sok (egyszerűbb esetben egyetlen) részecskefolyamból áll. (Ha a galaxisokat részecskéknek tekintjük, akkor A-nak bátran választható az inkoherens gáz [por] modellje is);
3. $M = E^3 \times I$, ahol E^3 egy háromdimenziós euklideszi tér, I pedig a $(0, \omega)$ intervallum;
4. $g = R^2(t)\ h\text{-}dt\ o\ dt$

ahol $t \in I$ a kozmológiai idő, h az E^3 euklideszi metrikája, R pedig egy csupán t-től függő skálafaktor;

5. $G = 8\pi T$ összefüggés érvényes, ahol T az A energiaimpulzus tenzora, $T \neq 0$;

6. Legalább egy időpontban: $\frac{dR}{dt} \geq 0$;

(azaz, R monoton nő; az Univerzum tágul).

Az 5. számú egyenlet az ismeretlen R függvényre egy másodrendű differenciálegyenletet szolgáltat (s ez esetben a „por" sűrűsége is csak t-től függhet). Egyszerű és tanulságos az Einstein–de Sitter modell, amelyben $R = t^{2/3}$.

A „big bang", s általában a *téridő-szingularitások* fizikai, matematikai és filozófiai problémáira itt nem térhetünk ki.[4] Érdemes azonban legalább egy fontos körülményre röviden utalni. A modern fizika sajátos paradoxona, hogy két fundamentális elmélete, a kvantummechanika és az általános relativitáselmélet között a megfelelő „kiegyezés" máig sem jött létre. E két alapvető elmélet összebékítése jelentős akadályokba ütközik. Ha az általános relativitáselmélet kvantálását a kvantumtérelmélet valamely ismert eljárásával kísérlik meg (tehát kvantum-gravitáció elméletet óhajtanak létrehozni), nem renormálható elmélet adódik, valahányszor anyagi mezők vannak jelen. A két elmélet fogalmilag is, struktúráját tekintve is nagyon eltérő, nem csodálható tehát, hogy az összeegyeztetésüket

célzó törekvések meggyőző sikerére még várni kell. Sőt, számosan kétségbe is vonják egy ilyen egyeztetés szükséges (és lehetséges) voltát. (Pauli szkeptikus véleménye szerint: amit Isten nem kapcsolt egybe, annak összekötése fizikusnak sem sikerülhet).

Mások viszont szilárdan hiszik, hogy a probléma megoldása nagy lépést jelentene a fizikai megismerés terén. Véleményük alapja az az intuitív meggyőződés, hogy az egész fizika egyetlen fundamentális elmélettel leírható; végtére is a kvantumfizika és a (nem kvantált) relativitáselmélet egy és ugyanazon *fizikai* valóságról (realitásról) szól.

Kozmológiai szempontból a vita azért fontos, mert sokan azt tartják, hogy a kozmológiai modellek *szingularitásainak* nemcsak a struktúrája, de létezésük is kvantumeffektusokon múlik (többek között az Univerzum korai, szupersűrű állapotáról, a csillagok gravitációs kollapszusáról, a feketelyukak feltételezett robbanásáról van szó). Sokan úgy vélik, hogy egy megfelelően hatékony kvantum-gravitáció elmélet hiánya hovatovább mind az asztrofizikában, mind pedig a kozmológiában gátja a haladásnak.

Az előzőekben a multidiszciplináris kozmológia példájával azt kívántuk illusztrálni, hogy hogyan járulhat hozzá a matematika a természettudományos elméletek tökéletesebb kidolgozásához. Joggal mondható, hogy számos teória (például egy kozmológiai modell) szövetének hosszanti szálait (de sok keresztszálát is) matematikai „anyagból" szőtték. A matematikai eredetű összetevők adják a „tartást", rajtuk keresztül válik prediktívvé, korábban nem sejtett új effektusok megjósolására alkalmassá minden kellően matematizált diszciplína.

Mivel magyarázható mégis, hogy számos kitűnő elme, Kepler korától napjainkig „talánynak", megmagyarázhatatlan rejtélynek tartja a matematika kétséget kizáró hatékonyságát a tudományok számos ágában? A probléma nyitja nem a matematikában magában, hanem a matematikáról (és a fizikáról) korábban vallott és átörökített filozófiai természetű előítéletek makacs továbbélésében keresendő.[5] Tréfásan azt szokás mondani, hogy a gyakorló (s a filozófiában többé-kevésbé járatlan) matematikusok lényegében két filozófiai irányzat, a platonizmus és a formalizmus között ingadoznak: platonistának vallják magukat hétköznap, vasárnap viszont a formalizmusnak (jóval kevesebben a logicizmusnak, s elenyészően kevesen az intuicionizmusnak) áldoznak. A matematika természetéről nyilatkozó iskolák közül a logicizmus (Frege és Russell), a formalizmus (Hilbert), valamint az intuicionizmus a legismertebbek. Nyugodtan kijelenthetjük, hogy napjainkban már mindhárom irányzat holtpontra jutott. Egyikük sem képes arra, hogy eredetileg megfogalmazott program-

ját kivitelezze, s remény sincs rá, hogy bármelyikük is megoldja a matematika *megalapozásának* problémáját. Közös mindhárom irányzatban az az *előítélet*, hogy a matematikát *abszolút* biztos alapokra kell helyezni. Csak stratégiájukat tekintve különböznek egymástól, valamint abban, hogy mit áldozzanak fel (a matematikából) az óhajtott cél elérése érdekében.

Ezeknek az irányzatoknak a mélyreható krtikája ma már elég széles körben ismert.[6] A holtpontról az mozdíthat el, ha feladjuk a matematikát önkényesen megcsonkító, a matematikai tevékenység lényegét meghamisító filozófiai nézeteket. A matematikai tevékenységet (s vele együtt a matematika szerepét) *„kívülről"* kell vizsgálni (nem pedig „belülről", kizárólagosan matematikai módszerekkel), hiszen a matematika „önigazolására" semmi szükség. A matematika „igazolásához" a társgalaxisokkal (azaz a többi tudománnyal) való eredményes kölcsönhatás bőven elegendő. Következésképpen a „talány" feloldása szinte kézenfekvő. Az ember, ahogy mondani szokás, a természet és a társadalom gyermeke, tudományos fogalmainak (végső soron a matematikai természetűeknek is) közös forrása az a világ, amelyben él. S ezzel a megállapítással a marxizmus klasszikusainak (többek között a matematikáról alkotott) felfogásához érkeztünk el.

JEGYZETEK

[1] *J. Dieudonné:* Present Trends in Pure Mathematics. Advances in Mathematics 1978. 27. Vol.

[2] Ennek a feladatnak a megoldására vonatkozó nézeteket a kötet IV. részének tanulmányai részletezik.

[3] Lásd például: *Ch. W. Misner–K. S. Thorne–J. A. Wheeler:* Gravitation. San Francisco 1973.

[4] Lásd *S. W. Hawking–G. F. R. Ellis:* The Large Scale Structure of Space-Time. London 1974.

[5] Ezekről a problémákról Nyugaton a következő fontosabb művek jelentek meg: *M. Bunge:* Philosophy of Physics. Boston 1973., továbbá *R. Hersch:* Some Proposals for Reviving the Philosophy of Mathematics. Advances in Mathematics, 31. vol. A „keleti" források ismertek.

[6] Lásd például *O. I. Kedrovszkij:* Metodologicseszkije problemi matematicseszkovo poznanyija. Kijev 1977.

BIOLÓGIA

GÉCZY BARNABÁS

Az evolúciós szemlélet kialakulása

I AZ EVOLÚCIÓS SZEMLÉLET KEZDETEI

A hagyományos világkép

Hiába döntötte meg Kopernikusz (1473–1543) a naiv, földközpontú ptolemaioszi világképet, az élet és az ember keletkezését a XVIII. században, sőt az elmaradottabb országokban még a XX. században is a bibliai teremtéstörténet alapján magyarázták. A középkor óta uralkodó hagyományos világkép szerint a Föld kora nem több 5000–6000 évnél. Valamennyi faj a teremtés egy napján keletkezett. Az üledékes kőzetekbe zárt egykori élőlények maradványai, a fosszíliák egyetlen katasztrófának, a vízözönnek tanúbizonyságai. Mivel csak egy vízözön volt, valamennyi fosszília egyidős, de mindegyik rokona él ma is, hiszen Noé minden fajt felvett bárkájára. A párizsi egyetemen Noé bárkájának méretéről vitatkoztak és Scheuchzer (1672–1733) svájci természetbúvár és orvos a fosszíliákkal azt akarta bebizonyítani, hogy a vízözön májusban volt, nem pedig novemberben...

Ahhoz, hogy a természettudományok eljussanak egyik legjelentősebb, a világnézeti szempontból rendkívüli hatássugarú felfedezésükhöz, az evolúciós szemlélethez, mindenekelőtt: fel kellett fedezni a földtörténeti időt; meg kellett ismerni az élővilág jelenlegi gazdagságát és változékonyságát.

Eltekintve egyes ókori és reneszánsz gondolkodók önálló, de hatástalan felismeréseitől, ezt a munkát a XVIII. század második felében azok a szabadgondolkodók és természetbúvárok végezték el, akik nagyrészt a felvilágosodás gondolatkörében éltek.

A földtörténeti idő felfedezése Buffon (1707–1788) érdeme volt. Buffon a több mint ezer méter vastag, tengeri fosszíliákat gazdagon tartalmazó rétegsorok megismerése után jutott el arra a következtetésre, hogy e kőzetek keletkezése sokkal több időt igényelt, mint a vízözön negyven napja. Szakított tehát a hagyományos teremtéstörténettel, és elsősorban kőzettani meggondolások alapján, a rétegek vastagságából arra következtetett, hogy a Föld kora 72 832 év. Ma már tudjuk, hogy a Föld valójában több mint négy milliárd éves. Ebből a szemszögből nézve Buffon adata nem sokkal értékesebb a korábbi, pár ezer évre rúgó számításoknál. Az adott korban viszont Buffon állítása rendkívül merész tett volt. A párizsi egyetem teológiai kara azonnal felismerte, hogy a Biblia tekintélye forog kockán. 1751-ben levélben követelte Buffontól 16 tézisének visszavonását. Az, hogy nem ismétlődött meg a „Galilei-per", egyrészt annak tulajdonítható, hogy Buffont nem kellett kínzásokkal kényszeríteni az igazság megtagadására, másrészt a nyugat-európai társadalomban az erőviszonyok is sokat változtak 1633 óta. Buffon ünnepélyesen kinyilvánította, hogy szilárdan hisz mindabban, amit a Biblia a teremtésről tartalmaz, valójában azonban fenntartotta nézetét.

A geológiai és paleontológiai megfigyelésekből Buffon nemcsak a Föld korára következtetett, hanem a felszínen végbemenő állandó változásokra is. Az 1744-ben írt „Földtörténet" c. művében hangsúlyozta, hogy a Föld a tetemes idők során mélyreható átalakuláson ment keresztül. A tengerek előrenyomulásával és visszahúzódásával megváltozott a szárazföldek és az óceánok helyzete és ezzel együtt változott az éghajlat is. A klímaváltozás pedig közvetlenül hatott az egykori élővilágra. Az idő és a változás keretében Buffon a múltat a jelen felől közelítette meg. Feltételezte, hogy a földtörténeti jelenségeket ugyanolyan erők idézték elő, amelyek a jelenben is hatnak. Ebből a szempontból Buffon előfutára volt az aktualizmusnak, annak az elvnek, amely szerint a „jelen a múlt kulcsa". Mint látni fogjuk, az aktualizmus elve emelte a XIX. században a geológiát természettudományos szintre.

Buffon felismerte ugyan a földtörténeti idő és a fosszíliák jelentőségét, előfutára volt az aktualizmusnak, de azt egyértelműen nem állította, hogy az élővilág fejlődik. Tény, hogy számolt az egykor élt szervezetek kihalásának lehetőségével. Tudta azt, hogy a mammut jelenleg sehol sem él a földön, és ha ez a nagy termetű állat kipusztulhatott, mennyivel inkább kihalhattak az apróbb élőlények. Utalt arra is, hogy egyes szervek

a kedvező vagy kedvezőtlen éghajlat tartós hatására tökéletesedhetnek, vagy elkorcsosulhatnak. Az evolúciót azonban mint általános törvényszerűséget nem ismerte fel. A műveiből vett idézetek alapján könnyű kimutatni, hogy a fajokat hol állandónak, hol pedig változónak tekintette. Ezért nem nevezhetjük sem az evolúciós gondolat előfutárának, sem pedig a transzformizmus megalapítójának. Tagadhatatlan viszont, hogy az evolúciós elmélet előkészítésében jelentős szerepe volt. Méltányos, mégis méltánytalan tehát az a bírálat, amellyel Simpson 1958-ban Buffont és a XVIII. század több felvilágosult természetkutatóját elmarasztalta. Simpson szerint azt vallani, hogy Buffon, Erasmus Darwin, vagy Maupertuis megelőzte Darwint, nem sokkal igazabb, mint azt állítani, hogy a tudományos-fantasztikus regényírók fedezték fel az atombombát! Az enciklopédisták gondolatai nem egyenértékűek Darwin elméletével, ahhoz azonban, hogy a természettudományok fejlődhessenek, mindenekelőtt meg kellett szabadulni a bibliai teremtéstörténettől. Ebben az irányban hatott Buffon is, igényes és népszerű munkásságával.

Buffon 1739-től a francia Királyi Kert igazgatója volt. Gazdag világfi és rendkívül termékeny író, aki – jellemző módon – Newton, Bacon, Leibniz és Montesquieu örökösének vallotta magát. 36 kötetes Természetrajzát 20 000, egyesek szerint 50 000 példányban adták ki!

Buffon kitűnő stílusával – a „stílus az ember" mondás tőle származik – felhívta a polgárosuló társadalom figyelmét a természet tanulmányozásának szépségeire. Nem hiába nevezte őt Diderot Franciaország Pliniusának és Arisztotelészének.

Linné

Linné (1707–1778), minden idők leghíresebb botanikusa, ugyanabban az évben született, mint Buffon, és kétszáz évvel ezelőtt halt meg. Legmaradandóbb érdeme a kétnevű nevezéktan (binominalis nómenklatúra) megalkotása volt. Tulajdonképpen ő alkalmazta először az arisztotelészi formális logika kereteit az élővilág rendszerezésére. Már Arisztotelész (i. e. 384–321) a meghatározandó dolog lényegéből különválasztotta a közös tulajdonságot (genus proximum) és a faji különbséget (differentia specifica). Linné előtt azonban a természetbúvárok a fajokról rövid, kódszerű jellemzést adtak, ahelyett, hogy elnevezték volna. Az ismeretek halmozódásával az elnevezés és a definíció keveredése egyre több gondot okozott és lassan áttekinthetetlenné tette az élővilágról szerzett képet.

A kétnevű nevezéktan bevezetésével bizonyos értelemben függetlenné vált a név a tartalomtól, és a botanikusok, majd a zoológusok közös és egyértelmű jelkulcshoz jutottak. A kétnevű nevezéktan használhatóságát legjobban a gyakorlat bizonyítja, amely 1758 óta máig érvényes (például homo sapiens). Linné eredetileg a fajokat állandónak tekintette. Fixista volt, akárcsak korának legtöbb természetkutatója. 1737-ből származó híres meghatározása szerint: „annyi különböző faj van, amennyi különböző formát a Végtelen Lény kezdetben teremtett". Linné definíciója a fajok két jellegzetes tulajdonságát emelte ki, a létezésüket és az állandóságukat. A faj tényleges, természetes egység, nem pedig a természettudósok képzeletének terméke, vagy az egyedek véletlenszerű halmaza, mint ahogyan ezt korának nominalista filozófusai hirdették. A fajok létezésével kapcsolatosan Linné állásfoglalása lényegében helyes. Tévedett viszont amikor a fajokat állandóknak és teremtetteknek tartotta.

Linné fixizmusának filozófiai gyökerei visszavezethetők Platón (i. e. 427–347) esszencializmusára, amely szerint a természetben létező és változó dolgok az örök és változatlan típusok tükörképei. Linné szerint a típusokat Isten teremtette, aki a hierarchikus világrendben a méltóság megtestesítője. A természet a lényeg és az állandóság világa. A növényvilág nagy változatossága lényegében a változatlan világrend legalacsonyabb fokát, a véletlent jelenti. A növénynemzetségekről írt művei (Genera plantarum, 1737.) szerint a Földön mindössze 5776 genus létezhet, hiszen a bélyegek száma korlátozott, amiből meghatározható a lehetséges kombinációk száma ($38^2 \cdot 4$). Ez a szám – írta Linné – be van írva Isten kezébe, nekünk azon kell lennünk, hogy leolvassuk. Ebben a felfogásban sok a racionalizmus, sok a mesterkéltség, és csírájában benne van a deduktív biológia módszere.

Linné fokozatosan ismerte fel a növényvilág gazdagságát, változékonyságát és idős korára megváltoztatta a fajok állandóságáról vallott nézetét. 1762-ben arra következtetett, hogy Isten csak a nemzetségeket és a rendeket teremtette meg, majd utolsó, halála évében megjelent művéből kihagyta azt a mondatot, hogy nincsenek új fajok!

A fixizmus legkiemelkedőbb képviselője hajlott korában feladta elveit.

Erasmus Darwin (1731–1802) az újabb kutatók szerint egyike volt a XVIII. századi Anglia legnagyobb egyéniségeinek. Híres orvos és feltaláló, az ipari forradalom egyik szellemi előkészítője, akinek ötlettárában olyan gondolatok találhatók, mint a fotószintézis mibenlétének kiderítése vagy a mesterséges megtermékenyítés, a betegségek osztályozása vagy a modern nőnevelés. Verseiből ítélve az enciklopédisták közé tartozott. Evolúciós nézeteiről vagy inkább ötleteiről terjedelmes Zoonomiája (1794–1796) alapján alkothatunk képet. E szerint feltételezte, hogy a melegvérű állatok közös őstől, egyszerű, fonálszerű élőlényektől származtak és a fejlődésük esetleg hosszú évmilliók sorát igényelte. Felismerte az ivari kiválogatódást és a mimikrit, kérdés azonban, hogy eljutott-e a természetes kiválogatódás evolúciós jelentőségéig. A szervezetek változékonyságát elsősorban az éghajlatváltozások közvetlen hatásának, a hibridizációnak és a domesztikációnak tulajdonította. A gerinceseket tartva szem előtt a fajok átalakulását a szükségre vezette vissza, amelyet a nemi vágy, az éhség és a védekezés szabályoz. A vágy és iszony, a gyönyör és a fájdalom, valamint az ingerlés és a társulás eredményeként a szerzett tulajdonságok öröklődhetnek az utódokban. Utalt a csökevényes szervek jelentőségére is.

A felsoroltak ellenére Erasmus Darwin fejlődéseszméi nem annyira jelentősek, mint gondolnánk. Felismerései úttörőnek tűnnek és tagadhatatlan, hogy közelebb állnak a XIX. század evolúciós elméleteihez, mint az enciklopédista filozófusok mellékesen elejtett, metaforaszerű gondolatai. Feltevéseiből mégsem alakult ki egységes evolúciós elmélet. Máig vitatott, hogy Lamarck előfutára volt-e vagy inkább Darwiné? Úgy tűnik, hogy Lamarck önállóan, Erasmus Darwintól teljesen függetlenül alkotta meg elméletét, Darwin pedig – jegyzetfüzete alapján ítélve – mindössze egy megfigyelést vett át nagyapjától, amely az ivaros szaporodás és a változékonyság összefüggésére utalt.

Lamarck

A XIX. században két átfogó evolúciós elmélet született, Lamarcké és Darwiné. Mindkét elmélet minőségileg különbözött egymástól és a XVIII. század evolúciós ötleteitől. Az úttörő érdem Lamarcké, az oksági összefüggések feltárása Darwiné.

Nehéz megérteni Lamarck evolúciós elméletét élete és a Franciaországot mélyen átalakító társadalmi változások nélkül.

Lamarck 1744-ben született. Ősei több évszázadon át katonák voltak. Kezdetben katonai, orvosi majd zenei tanulmányokat folytatott, Rousseau ébresztette fel benne a botanikai érdeklődést. Buffon támogatásával feldolgozta Franciaország flóráját, határozókulcsot állított fel, és a növények osztályozásában először alkalmazta a „legegyszerűbbtől a legösszetettebbig" haladó rendszertani elvet. Mint „Franciaország Linnéjét" 35 éves korában kinevezték a Tudományos Akadémia növénytárának vezetőjévé. Lehet, hogy sohasem jutott volna el az evolúciós elmélet kialakításához, ha megmarad botanikusnak. A forradalom idején javaslatot terjesztett a nemzetgyűlés elé a Királyi Füvészkert átszervezésére. 1793-ban a Párizsi Füvészkert mellett új intézmény létesült, a Természetrajzi Múzeum, amelynek tisztviselői nemcsak muzeológusok voltak, hanem egyben tanárok is. A zoológiát négy szakterületre tagolták, úgy mint korábban Lamarck javasolta. A „férgek és a rovarok", azaz a gerinctelen állatok tanulmányozását Lamarckra bízták. 49 éves volt, amikor pályát változtatott, és a növények helyett az élő és a fosszilis gerinctelenekkel, elsősorban a kagylókkal és a csigákkal kezdett foglalkozni.

Lamarck következetes köztársaságpárti volt. A forradalom bukása után egyik művét a francia népnek ajánlotta, megjegyezve, hogy korábban hiába próbálták rávenni arra, hogy meghajoljon egy miniszter vagy „Louis Capet" előtt. Elismerően idézte Marat, kortársai pedig ateistának és materialistának tartották. Alighanem ezzel magyarázható, hogy teljesen elszigetelten és hatástalanul élt a napóleoni időkben, majd a Bourbon restauráció korában. 1800 és 1820 között számos és sokféle műve jelent meg anélkül, hogy bármelyiket is tudományosan megvitatták vagy ismertették volna. Noha tisztában volt azzal, hogy sokan munkáit „megíratlannak" tekintik, sokat dolgozott. Elsősorban mindig a gerinctelenek

foglalkoztatták – az Invertebrata és a Biológia szó tőle származik –, de emellett értékes meteorológiai megfigyeléseket végzett, megalapította a gerinctelen-őslénytant, és érdeklődött a pszichológiai és kémiai kérdések iránt. Ez utóbbi területen sajnos tévedett. Amennyire első volt a biológusok között, úgy érdemelte ki mint Lavoisier forradalmasított kémiájának ellenlábasa – az utolsó alkimista megjelölést. Pszichológiai munkássága értékesebb, lényegében az összehasonlító lélektan megalapítójának nevezhető.

Lamarck háromszor nősült és nyolc gyermeke volt. Állandóan súlyos anyagi gondokkal küzdött, amelyet tetézett látásának romlása. 1820-tól vakon élt. Utolsó munkáit lánya jegyezte le. 85 éves korában, ezelőtt 150 évvel halt meg, szegényen és megvetetten. Ideiglenes sírba temették el, és később csontjait ugyanúgy nem tudták megtalálni, mint Mozart hamvait. Halála után gyermekei eladták bútorait és könyvtárát, köztük főművének, az 1809-ben megjelent Philosophie Zoologique „eladhatatlan" 524 példányát...

Lamarck 1797-ben még hitt a fajok állandóságában. Első evolúciós szemléletű előadását 1800. május 11-én, 56 éves korában tartotta. Mivel naplói, jegyzetfüzetei, levelei csaknem mind elvesztek, pontosan nem ismerjük, hogyan változtatta meg fixista felfogását a rövid három év alatt. Nem valószínű azonban, hogy korábbi olvasmányai, így a felvilágosodás filozófusainak munkái játszottak volna döntő szerepet evolúciós szemléletének kialakításában. Lamarck nem megkésett enciklopédista, aki – miután megtagadta a hagyományos világképet – egyszerűen átültette Leibniznek (1646–1716) a tökéletesedésről, és Montesquieu-nek (1689–1755) a körülmények jelentőségéről vallott nézetét a biológia területére.

Lamarckot minden bizonnyal új irányú természettudományos vizsgálatai késztették arra a felismerésre, hogy az élővilág fejlődik. A kritikus években olyan fosszilis gerinctelenekkel foglalkozott, amelyeknek jelenleg is élnek rokonai. Ezeket rendkívül értékes történeti emlékeknek tartotta, amelyekből a földfelszín változásaira következtethetünk. Földtani megfigyelései arra utalnak, hogy az idő végtelen és a környezet változó. Szűkebb zoológiai érdeklődése elsősorban az édesvízi kagylókra és a szárazföldi csigákra irányult. Ezek rendkívüli változékonysága nemcsak a fajok állandóságába vetett hitét ingatta meg, hanem magának a fajnak realitását is kérdésessé tette számára. Földtani, őslénytani és állattani kutatások vezethették Lamarckot az evolúciós elmélet kialakításához, amelyet később többször továbbfejlesztett, és amelyhez mindvégig hű maradt.

Lamarck evolúciós elméletének egyik alappillére a határtalan idő. Buffon után Hutton 1785-ben a „Föld elméletében" arról írt, hogy nem találni a világban a nyomát a kezdetnek és nem látni a végét. Lamarck szerint az idő olyan tényező, amelyik mindig rendelkezésünkre áll. A földtörténetet örök körforgásnak képzelte el, a változások végtelen sorának, amelyet csak azért nem érzékelünk, mert a jelen másodpercében élünk és nem vizsgáljuk a múltat. Hasonlata szerint az idő órája látszólag áll, és csak akkor ismerjük fel, hogy az inga mozog, ha a természetet mélyrehatóan figyeljük. Lamarck idő-fogalma ellentéte a bibliai szűk időkeretnek, sőt Buffon kiszélesített időhatárainak is. Halála után nagy ellenlábasa, Cuvier ezt az időfogalmat élesen támadta, mint mágikus koncepciót, amellyel kikerülhetők azok a kételyek, amelyek fejlődéselméletéből önként adódnak.

Lamarck a fejlődést hosszú idő alatt végbemenő átalakulásnak, transzformációnak tartotta. Eredetileg a víz volt az élet bölcsője, és a nemzedékek hosszú egymásutánja során a kezdetben egy csoportba tartozó alakok átalakultak új és elkülönült csoportokká. Az átalakulás lassú, általános, természeti törvények szerint végbemenő folyamat, ahol nincs helye sem a teremtésnek, sem pedig a katasztrófáknak. Az átalakulás menete nem állandó, és szó sincs a létezők folyamatos láncáról, amely az élettelentől az élőhöz, az ásványoktól a növényekhez, illetve az állatokhoz vezetne. Szerinte végtelen távolság van a szervetlen és az élő test között. Lamarck nemcsak a minőségi különbséget ismerte fel, amely az élőt az élettelentől, a növényt az állattól elválasztja, hanem azt is feltételezte, hogy az egyszerű élőlények az idők során fokozatosan bonyolultakká váltak, átalakultak. Átalakulásuk egyben tökéletesedés volt. A transzformizmus perfekcionizmus.

Lamarck fajfogalma szöges ellentéte Linné esszencializmusának és Darwin fajfejlődésből kiinduló evolúciós elméletének. Szerinte a természetben nincsenek sem osztályok, sem rendek, sem családok, sem nemzetségek, sem fajok, hanem csak egyedek vannak. Nincsenek tehát a természetben típusok. Lamarck nagy érdeme, hogy elsőként ismerte fel a rendszertanban a tipológiai megközelítés helytelenségét. Hibája, hogy a fajok realitását tagadva nominalista felfogást vallott. Lamarck a fejlődést az egyedi szintre korlátozta és a fajok fejlődése helyett az egymást követő egyedek fokozódó átalakulásában hitt.

Sokféle magyarázatra adott alkalmat Lamarck tökéletesedésre vonatkozó felfogása. Kétségtelen, hogy a természet lépcsőjének (scala naturae) gondolata a XVIII. század statikus gondolatrendszerébe illik és nehezen

hozható összhangba a fejlődés, a mozgás gondolatával. Szellemes az a hasonlat, amely szerint Lamarck transzformizmusa olyan mozgólépcső, amely egyedeket szállít felfelé. A folyamatosságot az „ősnemződés" biztosítja. A „lépcső alján" az élettelenből mindig élő keletkezik. A mozgólépcső legfelső fokán az ember áll. A pusztulás után a szervezetek visszatérnek a szervetlen szintre és a körforgás újrakezdődik.

Valójában a mozgólépcső hasonlat nagyon leegyszerűsíti Lamarck fejlődésről alkotott nézetét. Tagadhatatlan, hogy Lamarck élt a tökéletes kifejezéssel, és utal arra, hogy minél inkább közelebb áll egy szervezet az emberhez, annál inkább közeledik a tökéleteshez, valamint minél jobban távolodik tőle, annál egyszerűbb és kevésbé tökéletes. Számára azonban az ember korántsem jelentette a „teremtés koronáját". Az embert társas állatnak (animal sociable) tekintette, amely ugyanúgy alá van vetve a természet törvényeinek, mint a többi élőlény. A progresszió és a tökéletesedés emberi kifejezés, ami az agyunkban létezik, minden célirányú teleologikus háttér nélkül. Az ember nem célja a fejlődésnek. A természetben csak szükségszerűségek vannak, és ha ezek összetett és előrelátható célokhoz vezetnének, ennek az a magyarázata, hogy mindenütt egyforma törvények az irányadók. A természetben a cél csak látszat, és nem valóság. Maga az ember korántsem tökéletes. Nemcsak integráns része a természetnek, hanem önérdekével és uralomvágyával annak pusztító tényezője is. Lamarck filozófiája alapvetően pesszimista. Jellemző, hogy csak egyféle kihalást ismert el, azt, amelyet az ember okozott.

1817-ben címszót írt az emberről egy új természettudományos lexikonban. Ebben szokatlanul komor hangon vázolta fel az emberiség pusztulását, amely egyenes következménye lesz annak, hogy az ember fokozatosan változtatja sivataggá termékeny környezetét. A lakhatatlanná váló föld, az ember által előidézett globális ökológiai katasztrófa gondolata először Lamarcknál merült fel a természettudományok történetében.

Az idő mellett a környezet játszik alapvető szerepet Lamarck evolúciós elméletében. A kedvező külső tényezők, éghajlat, talaj, táplálék stb. közvetlenül hat a növényekre és az alacsonyabb fejlettségű állatokra, a fejlettebb szervezeteknél és az embernél azonban már más a helyzet. A környezet csak szükségleteket kelt, ami új viselkedéshez vagy új szerv kialakulásához, illetve elcsökevényesedéséhez vezethet. A transzformizmusban a hangsúly nem annyira a környezeten van, mint inkább az élőlény etológiai reakcióján. A környezetváltozás kihat az élőlényekre, ott pedig, ahol a feltételek állandóak, a fejlődés időszakosan megáll. Lamarck ismerte azokat az állat-múmiákat, amelyeket Napóleon egyiptomi had-

járatai során gyűjtetett. Tudta azt, hogy ezek olyan állatok, amelyek évezredek óta nem fejlődtek. Ebben azonban nem látta nézetének cáfolatát. Hiszen a fejlődést a szervezet és a környezet kölcsönhatásának tekintette. Adott helyen a létezés feltételei lehet hogy nem változnak, és ilyenkor a visszahatás, az átalakulás is elmarad. Lamarck „mozgólépcsője" nem volt állandó mozgásban, és hiba lenne egyetlen lépcsőről beszélni. Mivel a környezeti feltételek nem állandók, és más-más hatást válthatnak ki a különböző szervezetcsoportokból, az állatvilág nem alkothat egyetlen folyamatos láncot, amely a véglényektől az emberig vezet. Minél jobban elmélyedt a gerinctelenek tanulmányozásában, annál világosabban látta, hogy a fejlődés többirányú, elágazó, nem fejlődéssorban, hanem törzsfában ábrázolható folyamat, ahol az oldalágak csúcsai vakon végződnek.

Lamarck transzformizmusa sokkal összetettebb volt, mint ahogyan erre tételeiből következtethetnénk. Első két törvényét 1809-ben tette közzé. E szerint a használatban levő szervek erősödnek, és a használaton kívüliek fokozatosan visszafejlődnek, majd eltűnnek, illetve az egyedi fejlődés során szerzett tulajdonságok öröklődnek. Ehhez a két törvényhez 1815-ben két újabbat csatolt: az élet a testek fokozatos növekedésére törekszik, illetve egy új szerv kialakulása új szükséglet eredménye. A növekedés alatt valószínűleg a fokozódó komplexitást kell értenünk. A szükséglet hangsúlyozása a környezet és a szervezet kölcsönhatására utal. Mivel Lamarck korában a szerzett tulajdonságok öröklődése közhelynek számított, még akkor is, ha csak törvényeit tekintjük, méltánytalan evolúciós szemléletét leszűkíteni erre az egy állításra. Mindennél jellemzőbb, hogy Cuvier emlékbeszédében nem tért ki Lamarcknak a szerzett tulajdonságok öröklődésére vonatkozó nézetére.

Nagyon megoszlanak a vélemények Lamarck filozófiájáról. Vannak akiket megtévesztett a „tökéletesedés" kifejezés, és az esetenkénti hivatkozás a legfőbb lényre. Ezek Lamarckot deistának és finalistának tartják, művét pedig metafizikus víziónak, amely rokonságba hozható Teilhard de Chardin munkásságával. Valójában azonban Lamarck nem volt dualista. Világosan elutasított minden elsődleges okot és metafizikus természetfeletti erőt. Meg volt győződve arról, hogy az élet nagyon természetes jelenség, fizikai tény, valójában kevésbé bonyolult és nincsen semmiféle különleges tulajdonsága. Még élesebben kitűnik antivitalista és antidualisztikus felfogása akkor, amikor azt hangsúlyozza, hogy a fizika és erköles kétségtelenül egy és ugyanazon dolog. Sainte-Beuve, aki még hallgathatta előadásait, és a legszebb sorokat írta róla, Thalész,

Démokritosz és Buffon utódjának tekintette. Újabban Gillispie (1959) Hérakleitoszhoz hasonlította, a káosz és a rend, az élettelen és az élő körforgását kiemelő szemlélete alapján. Kevés kétség férhet Lamarck progresszív tudománytörténeti jelentőségéhez, materializmusához és összefüggésekben és ellentmondásokban gondolkodó dialektikájához. Alaptalannak tűnik az az állítás, hogy Lamarck úgy viszonylik Darwinhoz, mint Hegel viszonylott Marxhoz, még akkor is, ha Lamarck nem ismerte fel a fejlődés valódi anyagi tényezőit.

Lamarck forradalmi hagyományokat tápláló merész és képromboló gondolatai nem érhettek el nagy sikert kortársainál. Fokozta munkásságának hatástalanságát írói módszere. Lamarck különbséget tett a kis tények és nagy tények vizsgálata közt. Jóllehet egész életét a „kis tények" rendkívül gondos elemzésének szentelte, paleontológiai és zoológiai kutatásaiból jóformán semmit sem vett át, amikor evolúciós elméletét kifejtette. Inkább axiómákban fejezte ki véleményét, semhogy lépésről lépésre bizonyítékokkal győzte volna meg olvasóit nézeteinek érvényességéről. Kétségtelen, hogy maradi kémiai nézetei sokat ártottak hitelének. Kortársai ugyanolyan üres spekulációnak tarthatták evolúciós gondolatait, mint fiziko-kémiai vagy meteorológiai fejtegetéseit. Cuvier emlékbeszéde szerint hipotézisei annyira abszurdak, hogy csaknem felesleges ezeket megcáfolni. Tény az is, hogy Lamarck kevés, és nem a szűkebb szakterületéből választott példája, mint amilyen például a zsiráf nyakának megnyúlása, annyira szerencsétlen, hogy könnyű céltáblája lehet az élcelődésnek.

Lamarckot a XIX. század végén fedezték fel újra, és azonnal félre is magyarázták. Evolúciós gondolatait a neolamarckisták két állításra korlátozták: – a szerzett tulajdonságok öröklődnek – a természetes kiválogatódásnak nincsen szerepe az evolúcióban.

A természetes kiválogatódás szerepét Lamarck valóban nem hangsúlyozta, de nem is tagadta. Inkább a természet egyensúlyában hitt. A neolamarckisták közül a mechanikus lamarckizmus képviselői (Spencer 1820–1903; Eimer, 1843 1898) a környezet döntő fontosságát hangsúlyozták, amely a populáció valamennyi egyedét befolyásolja. Az ortholamarckisták (Cope, 1840–1897; Osborn, 1857–1935) az evolúció menetében a szervezet belső tulajdonságainak tulajdonították a döntő szerepet (autogenezis). A pszicholamarckisták (Wagner, 1830–1907) felfogása szerint minden sejtben van pszichikum és emlékezés.

A XX. században a neolamarckizmusnak új áramlatai alakultak ki, amelyek még jobban eltávolodtak Lamarck eredeti gondolatkörétől.

Látszólag helytelen az evolúciós szemlélet kialakulásának vizsgálatakor szót ejteni Cuvier-ről, aki mindig is fixista volt, és aki még halála után is sokat ártott Lamarck emlékének. Cuvier (1769–1832) egy generációval fiatalabb volt mint Lamarck. 1795-ben a forradalom bukása után érkezett Párizsba, így káprázatos pályafutását „fehér lappal" kezdhette. Kiemelkedő tudományos adottsága csiszolt irodalmi stílussal és nem utolsósorban remek adminisztratív érzékkel párosult. Napóleon, majd XVIII. Lajos parlamentjében kiemelkedő szerepet játszott, és mint a Francia Akadémia titkára kezében tartotta az egész szellemi élet irányítását. Mint zoológus megalapozta az összehasonlító anatómiát, mint paleontológus a gerincesek őslénytanát. Tudományos munkaterülete sokkal látványosabb volt, mint Lamarcké. A mammut, a masztodon, az orrszarvú sokkal alkalmasabb a fajfogalom megértésére, mint az olyan változatos puhatestűek. Nem véletlen, hogy Cuvier, bár ugyanolyan munkamódszerrel dolgozott, mint Lamarck, a fosszilis anyagból egészen más következtetést vont le, mint idősebb munkatársa és ellenfele. Cuvier felismerte a fajok létét, hangsúlyozta önállóságukat és állandóságukat. A kihalást természetes katasztrófának tulajdonította, nem pedig lassú átalakulásnak. Katasztrófaelméletének világszerte sikere volt. Kortársai úgy látták, hogy ez az az út, amely megmenti a geológiát „az ateizmus veszélyétől".

A kihalás hangsúlyozása Cuvier érdeme. Amíg Lamarck az evolúció egyik arcát, a folytonosságot, a kontinuitást ismerte fel, addig Cuvier a hézagosságra, a diszkontinuitásra figyelmeztetett. Hiába vallotta azonban Cuvier, hogy tudományos munkájában kerül minden feltevést. Munkássága nemcsak hipotéziseket tartalmazott, hanem feloldhatatlan ellentmondásokat is. Lamarck meg tudta magyarázni, hogyan fejlődött a mammutból elefánt. Cuvier meg tudta magyarázni a mammut kihalását, de nem adott elfogadható választ arra a kérdésre, miért hasonlít a mai elefánt a kihalt mammutra, és hogy a katasztrófák ellenére miért élnek a különböző korokban ugyanazok az állatok. Utódai ezt a nehézséget úgy próbálták áthidalni, hogy a katasztrófákat követő újrateremtéseknél feltételezték az alapelvek, alaptípusok többszörös ismétlődését.

Lamarck halálára Cuvier írt emlékbeszédet. Ez annyira gunyoros hangú volt, hogy csak Cuvier halála után adták ki, „megszelídített" formában. Egy végzetes változtatás így is megmaradt. Cuvier a „szükség" kifejezést – amely oly fontos szerepet játszott Lamarck gondolatvilágá-

ban – a „vágy" szóra cserélte ki. Elsősorban ez a magyarázata annak, hogy az angolszász természettudósok között Lamarck eszméi torzított formában terjedtek el, mivel 1836-ban Cuvier emlékbeszédét adták ki angolul.

Geoffroy

Lamarck és Cuvier felfogása sajátosan keveredett Geoffroy Saint-Hilaire (1772–1844) késői munkásságában. Geoffroy ugyanabban a Természettudományi Múzeumban dolgozott, mint Lamarck és Cuvier, és elsősorban halakkal és hüllőkkel foglalkozott. Tudósként kísérte el Napóleont egyiptomi hadjáratában és ő gyűjtötte azokat az állatmúmiákat, amelyekből Cuvier a fajok állandóságára, Lamarck a környezet jelentőségére következtetett. Geoffroyt elsősorban az embriológia és az egyedfejlődés korai szakaszában bekövetkező rendellenességek érdekelték. A környezetet sokkal változóbbnak tartotta, mint Lamarck, és az állatok felépítését sokkal könnyebben megváltoztathatónak hitte, mint Cuvier. Mint a teratológia megalapítója jutott el ahhoz a következtetéshez, hogy a nagyarányú evolúciós változás az egyedfejlődés korai szakaszában a külső körülmények változására hirtelen ment végbe. Ebben a felfogásban „az első madár hüllőtojásból bújt ki". Csírájában itt találjuk meg a XX. század egyes genetikusainak és paleontológusainak makromutációs, illetve tipogenetikus elméletét.

Geoffroy elfogadta a katasztrófa-elméletét, és kapcsolatot keresett a geológiai és biológiai folyamatok között. Sajnos mint zoológus az alaki hasonlóságoknak, az összehasonlító morfológiának kelleténél nagyobb szerepet tulajdonított, és evolúciós nézeteit sohasem foglalta teljes egységbe. Tudománytörténeti jelentősége ezért nem vetekedhet Lamarckéval vagy Darwinéval.

Wallace

Nem lehet véletlen, hogy az evolúció mechanizmusának természetes magyarázatát egyidejűen és egymástól teljesen függetlenül két olyan természetkutató ismerte fel, aki egyszersmind világjáró volt: Wallace és Darwin. A földtörténeti múlt és az élővilág gazdagsága elég kiindulópontot nyújtott ahhoz, hogy a nagyrészt múzeumi anyaggal foglalkozó

zoológusok legjobbjai az élővilág fejlődésére következtessenek. Az evolúciós szemlélet fejlődésében az hozott igazán újat, hogy összefüggést találtak a fajok földrajzi elterjedése és földtörténeti múltja közt. Lamarck fajok létét tagadó nominalizmusa már eleve kizárta volna az ilyen irányú kutatásokat.

Wallace (1823–1914) dél-amerikai tanulmányútja után több éven át vizsgálta a Maláji-szigetek növény- és állatvilágát. Nevéhez fűződik a korszerű állatföldrajz megalapítása. 1855-ben közzétett „törvénye" szerint minden keletkező faj léte térben és időben kapcsolódik az előtte létező, szoros rokonságban álló fajéhoz. Ez a törvény több felismerést összegez. Wallace felfigyelt arra a kapcsolatra, amely a különböző rendszertani kategóriákba tartozó csoportok földrajzi elterjedésében mutatkozik. Az osztályok és rendek szélesebb körben terjedtek el, mint a családok, nemek, vagy még inkább a fajok. Ugyanakkor a szorosan egymás rokonságába tartozó fajok közel élnek egymáshoz, és természetes földrajzi sorozatot alkotnak. A kelet-indiai orchideák beható tanulmányozásából Wallace ugyanarra a következtetésre jutott, mint Darwin, amikor a Galapagos szigeteken élő különböző teknős fajok hasonlóságát és eltérését vizsgálta. Figyelembe véve a fosszíliák bizonyító értékét Wallace azt is hangsúlyozta, hogy a nagyobb csoportok földtörténeti múltja jelentősebb, mint a kisebb rendszertani egységeké, és kizártnak tartotta, hogy egy faj, vagy más, magasabb kategóriába tartozó csoport az idők során kétszer vagy többször is megjelenjen. Wallace először csak az evolúció sokirányúságát, divergenciáját ismerte fel, amikor azonban elolvasta Malthus (1766–1834) „Tanulmány a népesedés törvényéről" című (1798) munkáját, felismerte, hogy az evolúcióban a természetes kiválogatódás elve érvényesül.

Wallace munkássága evolúciós szempontból nem annyira jelentős, mint Darwiné. Mégis tudománytörténeti szempontból lényeges, hiszen evolúciós dolgozata adott döntő lökést Darwinnak ahhoz, hogy a „Fajok eredetét" közzétegye. Mindkettőjük korszakalkotó előadását a londoni Linné Társulatban 1858-ban mutatták be, úgy, hogy az ülésen egyik szerző sem lehetett jelen. Wallace Kelet-Indiában volt, Darwin pedig gyermekének halála miatt nem vehetett részt előadásának bemutatásán. Wallace mindvégig tisztelője maradt Darwinnak, és sohasem vitatta barátja úttörő jelentőségét. Később több szempontból eltért Darwin tanaitól. Tagadta a természetes kiválogatódás szerepét az emberré válás folyamatában, amelyet ismeretlen tényezőkre, speciális erőkre vezetett vissza. Wallace mint a spiritizmus egyik apostola halt meg.

Charles Darwin (1809–1882) egészen más korban és egészen más társadalmi viszonyok között élt, mint Lamarck. Lamarck ősei katonák voltak, Darwiné földbirtokosok, tisztviselők, lelkészek vagy orvosok: lényegében vidéken élő gazdag értelmiséghez tartozók. Darwin akkor született, amikor Lamarck evolúciós főműve megjelent, és éppen fél évszázaddal később, 1859-ben adta ki művét, a „Fajok eredeté"-t. Lamarck a hanyatló feudalizmus, a polgári forradalom és az ezt követő ellentmondásos francia viszonyok között élt. Darwin abban a viktoriánus polgári rendben élt, amely akkor a kapitalizmus legfejlettebb fokát jelentette. A Darwint Lamarcktól elválasztó fél évszázad alatt a természettudományok sokat fejlődtek, különösen a mezőgazdasággal és az állattenyésztéssel szoros kapcsolatban álló növénynemesítés és háziasítás. Érthető tehát, hogy a fejlődés gondolatához számos kutató anélkül jutott el, hogy az evolúciót egyértelműen bizonyította volna, és megadta volna ennek a természetes magyarázatát. A „predarwinisták" közvetve készítették elő a talajt Darwin úttörő művéhez.

Darwin fiatal korában már hallott nagyapjának, Erasmusnak és Lamarcknak evolúciós elméletéről, anélkül, hogy ez mélyebben megragadta volna. Amikor 1831-ben a Beagle nevű hajón világ körüli útjára indult, még fixista volt. Utazása számos látszólag összefüggéstelen élménnyel járt, amelyet nemcsak elemezni akart, hanem igyekezett megfigyelései közt kapcsolatokat keresni. Meglepődött az Amazonast övező trópusi őserdők élővilágának páratlan alakgazdagságán, felfigyelt arra, hogy Patagoniában a kihalt óriási tobzos emlősök fosszíliái ugyanazon a területen találhatók, ahol ezekhez közelálló csoportok ma is élnek, felismerte, hogy a La Plata környéki szavannákon élő, üregi nyúlra emlékeztető rágcsálók a többi dél-amerikai rágcsálóra hasonlítanak, nem pedig az észak-amerikai vagy eurázsiai rágcsálókra. Különösen fontos volt számára a Galapagos szigetek teknőseinek és madarainak vizsgálata. Itt ébredt rá a földrajzi elszigetelődés jelentőségére, hiszen szinte minden szigeten más-más, de egymással szoros rokonságban levő teknősfaj élt. A „Darwin-pintyek" változatos csőrfelépítéséből arra következtetett, hogy ez az egyes populációk elkülönülésével és az életmód megváltozásával kapcsolatos.

Amikor Darwin 1836-ban hazájába visszatért, számos olyan megfigyelésnek volt birtokában, amelyet nehezen lehetett összeegyeztetni a fajok állandóságának hitével. Tisztában volt a fajok változékonyságával, fej-

lődéstörténeti múltjukkal és földrajzi elterjedésük evolúciós jelentőségével. A kihalás – a dél-amerikai fosszilis emlősök alapján – szinte kézzelfogható tény volt számára. Fiatal kora óta érdekelték a növények. Könyvet írt az orchideák megtermékenyüléséről, a kúszónövényekről és a rovarevő növényekről, a kereszteződésről stb. Kísérleteivel megelőzte Mendel (1822–1884) úttörő genetikai vizsgálatait anélkül, hogy az öröklődés evolúciós szerepét feltárta volna. A növénynemesítésen kívül nagyon jól ismerte az angol állattenyésztők mesterséges kiválogatódással elért eredményeit. Felismerte, hogy a számtalan eltérő változat mögött közös ős rejtőzik, amelyből különböző irányba vezetett a fejlődés. A rokon csoportok egyes szerveinek azonos felépítését az összehasonlító anatómia és az embriológia fejlődése bizonyította be. Az evolúció gondolatát megerősítették az őslénytani eredmények, amelyek szerint minél inkább közeledünk a földtörténeti múltból a jelen felé, annál több lesz a ma is élő fajok száma.

Darwin nagy tisztelője volt a modern földtan megalapítójának, Lyellnek. Lyell (1797–1875) főművében, a Földtan elveiben (1830–1833) nemcsak a korábbi üres spekulációk és téves értelmezések halmazától tisztította meg a geológiát, hanem olyan módszertani kulcsot adott a földtannak, amelynek segítségével az egzakt természettudományok közé léphetett. Lyell szerint a Földön mindig ugyanolyan erők működtek, mint ma (aktualizmus elve), ugyanolyan hatékonysággal (uniformitarianizmus elve). Mivel a Földre ható fizikai tényezők lényegében egyformák, a földtani folyamatokra az ismétlődés, a ciklusosság jellemző. Az ismétlődő folyamatok mennyiségi úton könnyen mérhetők. Az aktualizmus elvének segítségével tehát a földtani jelenségek nagy részét törvényszerűen ható oksági folyamatok eredményének lehetett tekinteni, annál is inkább, mivel Lyell a természetben Lamarckkal ellentétben nem az építő és pusztító erők dinamikus harcát látta, hanem Newtont és Huttont követve az erők állandó egyensúlyával számolt. Természetes, hogy Lyell állandóságot hangsúlyozó szemléletében nem kaphatott helyet sem Cuvier katasztrófa-elmélete, sem pedig Lamarck progressziójáról vallott felfogása. Annak ellenére, hogy a Földtan elveinek megjelenésekor Lyell az evolúciós elméletnek szinte minden „kellékét" ismerte, lényegében fixista volt, nemcsak biológiai, hanem földtani szemléletében is. A pusztán ismétlődésekre épülő lyelli földtörténet lényegében történet nélküli világ, ahol sohasem keletkezhet teljesen új.

Darwin felhasználta Lyell földtani és őslénytani adatait, anélkül, hogy teljesen elfogadta volna fixista szemléletét. Lyell hatása Darwin munkás-

ságában elsősorban úgy érvényesült, hogy Darwin is tagadta a katasztrófákat, a környezetet pedig többé-kevésbé állandónak tekintette.

Mi okozza a környezet közvetlen ösztönző hatása nélkül a fajok fejlődését? Darwin erre a kérdésre a létért folyó harcban és a természetes kiválogatódásban találta meg a feleletet. A természetes kiválogatódás mechanizmusa lényegében a következő feltevéseken alapszik:

– a természetben minden élőlény különböző, az utódok hasonlóak, de nem pontosan olyanok, mint a szülőegyedek;

– a természetes szaporulat nagyobb, mint amennyi szaporodóképes egyed a meglevő környezetben fennmaradhat;

– ezért az egyedek közt megindul a fennmaradásért folyó küzdelem;

– a létért folyó harc során a gyengébb vagy kevésbé alkalmas szervezetek elpusztulnak;

– az alkalmas szervezetek fennmaradnak;

– a fennmaradt szervezetek az új változatok kiindulópontjai;

– a megfelelő idő múlva ezekből új fajok keletkeznek.

A természetes kiválogatódás tényéből következik, hogy az egymást követő nemzedékek fokozatosan változnak és alkalmasságuk fokozatosan fejlődik. Tehát:

– az élet jelenlegi gazdagsága hosszú fejlődés eredménye;

– a mai élőlények kevés ősi csoportból származtak;

– a földtörténet során maga az alkalmasság, az adaptáció is fejlődött.

Amennyiben a születési és halandósági arány a létért folyó harcnak megfelelően állandó, a faj egyedeinek száma többé-kevésbé változatlan marad.

Darwin 1838-ban, Malthus művének olvasásakor ismerte fel a természetes kiválogatódás jelentőségét. Azt tehát, hogy maga a természet domesztikál! Újabban kétségbe vonják Malthus szerepének jelentőségét a darwinizmus kialakulásában. Maga a természetes kiválogatódás elve nem új. A legalkalmasabb túlélését, mint az alkalmazkodás lényegét már az ókori (Empedoklész, i. e. 400; Lucretius, 99–55) és a felvilágosodás kori filozófusok (Diderot, 1749; Maupertuis, 1756) felismerték. Angliában Wells (1813) és Matthews (1831) utalt arra, hogy a természetes kiválogatódás a faj átalakulásához vezet, anélkül, hogy bizonyította volna állítását vagy levonta volna felismeréséből az általános következtetéseket. Jellemző, hogy Matthews művének függelékében foglalkozott a természetes kiválogatódás kérdésével és csak a „Fajok eredete"-nek megjelenése után, 1860-ban ébredt rá felfedezésének fontosságára, amikor is újra közzétette korábbi feltevését.

Darwin nem ismerte sem Wells, sem Matthews munkáját. Valószínű viszont, hogy még a Beagle fedélzetén olvasta Blythnek (1810–1873) a „Természettudományi Magazinban" közzétett dolgozatát, amelyben az állatok változékonyságáról és a természetes kiválogatódásról írt. Blyth azonban – akárcsak Lyell – a természetes kiválogatódást annak a bizonyítására igyekezett felhasználni, hogy az evolúció képtelenség! Darwin evolúciós elméletében éppen az a forradalmi, hogy felismerte a természetes kiválogatódás építő erejét, azt, hogy a túlélés egyben fejlődés is. A létért folyó harc önmagában ugyanis nem jelent fejlődést, hanem csak az egyensúly fennmaradását, az alkalmatlanok természetes mennyiségi kiküszöbölésével. Tulajdonképpen Malthus tanában sincs helye a progressziónak. Elhibázott lenne tehát azt állítani, hogy az evolúciós elmélet kialakulása pusztán a XVIII. század végi népesedési tan biológiai átültetéséből jött létre. A létért folyó harc és a természetes kiválogatódás több, mint a kapitalizmus szabadversenyének elve.

A természetes kiválogatódás nemcsak ősi, hanem egyben materialista magyarázat, amely mindig is szemben állt a természetben célszerűséget feltételező teleologikus ellenérvvel (pl. Arisztotelész [384–321; Lactantius, 260–340; Albertus Magnus, 1235 stb.).

Az evolúció két alaptényezőjének, a változékonyságnak és a természetes kiválogatódásnak felismerésével tulajdonképpen megszületett Darwin evolúciós elmélete. Először 1842-ben 35 oldalon fogalmazta meg evolúciós gondolatait, majd 1844-ben 231 oldalas esszéjében foglalta össze elméletét. Mégis 14 évnek kellett eltelnie, hogy munkáját Wallace dolgozatával egyidőben a nyilvánosság elé tárja. Kérdés, mi okozhatta ezt a késlekedést?

Darwin rendkívül körültekintően dolgozott. Munkájában ugyanolyan szerepet szánt a részletes elemzésnek, mint az átfogó szintézisnek. Valószínű, hogy művének késői kiadásában közrejátszhatott az a tény is, hogy több kérdést, így az öröklődés és a változékonyság viszonyát, a környezet és a szervezet kapcsolatát nem tudta kellő módon felmérni. Természetesen nem ismerhette a modern biológia kísérleti módszereit, a környezeti fülke, az adaptív radiáció stb. fogalmát és jelentőségét. Wallace felfedezése azonban egyértelműen az eredményeinek összefoglalására ösztönözte, és 1859-ben közzétette a „Fajok eredeté"-t.

Darwin műve – könyvsiker! Még a kiadás napján művének valamennyi példánya elfogyott. A „Fajok eredete" november 24-én jelent meg, Engels elragadtatva olvasta, és Marxhoz december 11 vagy 12-én írt levelében számolt be élményéről. Ebben pontosan határozta meg a dar-

wini evolúciós elmélet materialista magját és a fixista biológiai szemlélet kudarcát. Mint írta: „Még volt egy oldal, amely felől a teleológiát nem rombolták le, ez most megtörtént. Másrészt még sohasem tettek ilyen nagyszabású kísérletet, hogy kimutassák, a természetben is van történeti fejlődés, legalábbis sohasem ennyire szerencsésen."

Engels levelét ismerve megérthetjük, hogy mi okozhatta a „Fajok eredeté"-nek páratlan sikerét. Mint Engels észrevette, a „Fajok eredeté"-ben Darwin kettős munkát végzett el. Egyrészt kitűnően megválasztott példák sokaságával bizonyította be, hogy az evolúció többé nem üres feltevés, hanem tény, másrészt megadta a fejlődés természetes magyarázatát, a kiválogatódást. A korábbi szerzők vagy csak az evolúció folyamatát ismerték fel, annak oka nélkül, vagy csak az okot, anélkül, hogy levonták volna a helyes következtetést a fejlődés egészére. Természetesen fokozta a „Fajok eredeté"-nek olvasottságát az angol polgári társadalom fejlettsége, valamint a predarwinisták előkészítő szerepe, akik gondolataik gazdag kifejtésére találtak Darwin munkájában. Darwin számolhatott a legerősebb ellenzékkel és ezért a „Fajok eredeté"-ben nem érintette az ember származásának kérdését, amely bizonyosan a legtöbb vitát kavarta volna fel. Az első kiadásban nem tárgyalta a korábbi evolúciós eredményeket, így az olvasók egy része az egész művet teljesen újnak tarthatta. A későbbi, így a legismertebb hatodik kiadás (1872) már pótolta ezt a hiányt. Végül és nem utolsósorban fokozta a mű olvasottságát, hogy jóllehet akadémiai szintű volt, mégis megérthette a nagyközönség.

Lamarck evolúciós elméletét életében elhallgatták, halálakor kigúnyolták, majd hosszú feledés után félremagyarázták. Lamarck korában azonban a biológia még gyermekcipőben járt és még a legfontosabb szakkifejezések sem voltak egyértelműek. Darwin érett művében az evolúciónak oly sok bizonyítékát nyújtotta, hogy ezt már nem lehetett lamarcki sorsra juttatni. Darwint védték vagy támadták és ez a harc máig sem csitult el.

Természetesen felesleges azokkal a támadásokkal foglalkozni, amelyek a hagyományos világkép nevében magának az evolúció tényének tagadásával próbálkoznak. Tudománytörténeti szempontból inkább azok a bírálatok érdemelnek figyelmet, amelyek vagy Darwin eredetiségét tagadják, vagy művének hiányosságaival foglalkoznak.

Ami az eredetiség kérdését illeti, erről Darwin röviden és határozottan kifejtette a véleményét Baden Powellhez 1860. január 18-án kelt levelében. E szerint egy művelt ember sem tételezheti fel, még ha teljesen tájékozatlan is a kérdésben, hogy ő saját felfedezéseként akarta volna fel-

tüntetni a fajok egymástól független teremtésének cáfolatát. Darwin csak annyi újdonságot tulajdonított munkájának, hogy megkísérelte megmagyarázni, *hogyan* módosul a faj, és a leszármazási elméletet bizonyos fokig a tények nagyobb tömegével kívánta magyarázni. Ebben a tekintetben viszont nem kapott segítséget elődeitől. Lamarckkal kapcsolatosan különösen határozottan utasította vissza a „plágium" vádját. „Nem kaptam tőle semmit – írta Lyellnek 1859-ben –, sem tényt, sem eszmét." Mindez igaz. Valószínűtlen, hogy még a „Fajok eredeté"-nek megírása előtt eredetiben olvasta volna Lamarck műveit. Másodkézből, kivonatosan ismerhette a „Philosophie Zoologiques"-t, és valóban nem tudott mit kezdeni Lamarck „tényeivel", azaz példáival.

Ami a szerzett tulajdonságok öröklődésének kérdését illeti, Darwin nemcsak Lamarck nézetét osztotta, hanem az ókor (Hippokratész, i. e. 400 körül; Arisztotelész 384–321), a középkor (Albertus Magnus, 1207–1280; Roger Bacon, 1561–1626) és különösen a XVII. (John Ray, 1691), és a XVIII. század (Buffon, 1750, Erasmus Darwin, 1794) természettudósainak általános felfogását is. A szerzett tulajdonságok öröklődése egyszerű és kényelmes magyarázat arra, hogy miért változnak a növények és állatok a környezetükkel együtt, ugyanakkor miért hasonlítanak az utódok a szüleikre. Nem csoda tehát, hogy mindaddig, amíg részletesen nem tisztázták az öröklődés törvényszerűségeit és nem tettek különbséget az öröklött és a környezettől létrehozott változatok között, ezt a felfogást általános érvényűnek tartották. Darwin szerint a természetes kiválogatódás nem vezetne semmire, ha legalább néhány utód nem örökölne valamit az előnyös tulajdonságokból. Hangsúlyozta azt is, hogy a domesztikált állatoknál a használatban levő szervek megerősödnek, megnőnek, és ezek a módosulások öröklődnek. Darwin nem ismerte Mendel 1865-ben megjelent szerény, de a genetikában úttörő értékű dolgozatát, amely a hibrid növényekkel folytatott kísérletéről számolt be. Ezért a szerzett tulajdonságok öröklődésével és a szervek használatával kapcsolatosan megmaradt annál a korábbi felfogásnál, amelyet Lamarck is képviselt. Darwin az öröklődést a pángenezisre vezette vissza, ami nem magyarázza meg az evolúcióban rejlő véletlenszerűségeket.

„A fajok eredeté"-nek megírásakor Darwin a környezetnek sokkal kevesebb evolúciós jelentőséget tulajdonított, mint Lamarck. 1856-ban kelt feljegyzése szerint a külső feltételek – a földrajzi elterjedéstől eltekintve – a fajok keletkezésében csak minimális szerepet játszanak. Igaz, hogy a létért folyó harcot széles és átvitt értelemben használta, így a sivatag szélén élő növény fennmaradását a természetes kiválogatódás

eredményének tekintette. Az alkalmas szervezetek kiválogatódásánál azonban mégsem elsősorban a külső tényezők szerepével számolt, hanem a versenytársakéval. Mivel a környezetet Lyell nyomán többé-kevésbé állandónak tekintette, és tagadta a katasztrófákat, a kihalást az evolúció természetes eredményének tartotta. Feltevése szerint a kihalás állandó arányban áll az új formák megjelenésével. Maga a természetes kiválogatódás tehát lassú, egyenletesen haladó folyamat, hirtelenül bekövetkező, ugrásszerű változások nélkül. Harcostársa, Huxley (1825–1899) hiába hívta fel „A fajok eredeté"-nek megjelenése előtti napon (1859. november 23.) barátjának figyelmét arra, hogy elméletében felesleges terhet fog jelenteni a „natura non facit saltum", azaz a természetben nincsen ugrás elvének fenntartás nélküli alkalmazása. Darwin ennek ellenére kitartott gradualista felfogása mellett. Végső fokon az evolúciót olyan biológiai folyamatnak tekintette, amely lényegében változatlan Földön megy végbe, ahol az örök ismétlődésnek, az uniformitarianizmusnak az elvei érvényesülnek. Öregkorában Wagnerhez írott levelében (1876) beismerte, hogy nem vette eléggé számításba a környezet közvetlen hatását az evolúcióban. Ezt akkor élete legsúlyosabb tévedésének tartotta, és utalt arra, hogy „A fajok eredeté"-nek megírásakor a környezet hatásával kapcsolatosan csak kevés anyagot tudott összegyűjteni, míg azután erre vonatkozóan sok tényt talált. Azt viszont, hogy a földtani értelemben vett környezet mennyire dinamikus, milyen forradalmi átalakulásokon ment keresztül a földtörténet során, természetesen még idős korában sem tudhatta, hiszen a „fixista" geológiai szemléletet egyértelműen csak a XX. században váltotta fel a dinamikus, „mobilista" felfogás. Sem Lyell, sem Darwin nem ismerhette a földtörténetben meg nem ismétlődő, és az egész szerves életre kiható globális folyamatokat és ezek kihatását az élővilág fejlődésére. A kontinensvándorlások és a szerves élet kríziseinek ismeretében Huxley egykori figyelmeztetése megalapozott.

Nyilvánvaló, hogy hiba lenne Darwinon számon kérni a jelenlegi természettudományos ismeretek hiányát. Darwin művének címéül „A fajok eredeté"-t adta és ezen a kereten belül az evolúciót ösztönösen dialektikus materialista alapokra helyezte. Felismerte a progresszió és a regresszió belső egységét, továbbá a létfenntartásra és szaporodásra irányuló törekvés, valamint a szaporodás korlátozását előidéző környezeti ellenhatás, azaz a belső és külső tényezők ellentmondásosságát. Olyan korban élt azonban, amikor az evolúció gondolatát általában hihetetlennek és erkölcstelennek tartották. Minden erőfeszítése arra irányult, hogy evolúciós elméletét siker koronázza. Ugyanakkor nyugtalanították

azok a nehézségek, amelyek elméletének egyes kérdéseivel (pángenezis, szerzett tulajdonságok öröklődése stb.) kapcsolatosan felmerültek. Bizonyítékaival elsősorban barátait és tudóstársait igyekezett meggyőzni az evolúcióról. Ezek nagy része – köztük Lyell is – vallásos meggondolások alapján visszautasították elméletét. Így éppen azok távolodtak el tőle, akiknek támogatása a legfontosabb lett volna számára. Ez az állandó belső feszültség okozhatta különös betegségét, amelynek oka kortársai előtt megmagyarázhatatlannak tűnt. Darwin tudományos pályafutása megérdemelt elismerések sorozata. Számos külföldi tudományos szervezet – így 1872-ben a Magyar Tudományos Akadémia – választotta külső tagjának. Mindezek ellenére öregkora talán tragikusabb volt, mint Lamarcké.

Ami Darwin munkásságának marxista értékelését illeti, ebben a döntő szót Engels Marx sírjánál mondta ki. Gyászbeszédében párhuzamba állította Marxnak az emberiség története törvényszerű fejlődésére vonatkozó felismerését Darwinnak a szerves életre vonatkozó evolúciós elméletével.

TÁJÉKOZTATÓ IRODALOM

Az evolúcióról és az evolúciós szemlélet kialakulásáról: *Benedek I.:* Lamarck és kora. Gondolat 1963.; *Bogsch L.:* Általános őslénytan. Budapest 1968.; *T. Dobzhansky–E. Boesiger:* Essais sur l'évolution. Paris 1969.; *T. Dobzhansky et al.:* Evolution. San Francisco 1977.; *M. Gaudant:* Thérories classiques de l'évolution. Paris 1971.; *G. Heberer et al.:* Die Evolution der Organismen (I-III). 1967–1974.; *E. Mayr:* Evolution and the Diversity of Life. Cambridge 1976.; *J. Roger:* Paléontologie évolutive. Paris 1976.; *M. J. Rudwick-N. V. Tyimofejev-Reszovszkij et al.:* Kratkij ocserk tyeoriji evoluciji. Moszkva 1969.

Lamarck, Geoffroy, Ruljev, Darwin evolúciós alapmunkái oroszul a Klassziki Nauki sorozatban jelentek meg.

A XVII. és XVIII. század evolúciós gondolatairól: *B. Glass et al.:* Forerunners of Darwin 1745 1859. Baltimore 1959.; *E. Guyénot:* Les sciences et la vie aux XVII[e] et XVIII[e] siècles. L'idée d'évolution. Paris 1957.; *S. Toulmin-J. Goodfield:* The Discovery of Time. London 1965.

Lamarck életéről: *H. G. Cannon:* Lamarck and Modern Genetics. Westport 1975.; *M. Landrieu:* Lamarck le fondateur du transformisme. Paris 1909.; *A. S. Packard:* Lamarck the Founder of Evolution. New York 1901.; Lamarck világképéről: *E. Boesiger:* Evolutionary Theories after Lamarck and Darwin. (in: *F. J. Ayala–T. Dobzhansky* Stud. Phil. Biol., 1974. 21–44. old.); *R. W. Burckhardt:* Lamarck, Evolution and the Politics of Science. Journ. History Biol., 1970. No. 3. 275-298 old.; *C. C. Gillispie:*

The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory. Archiv. Intern Hist. Sci., 1956. No. 9. 323–338. old.

Darwin életéről: *G. De Beer:* Charles Darwin. London 1963.; *Vámos M.:* Így élt Darwin. Budapest 1974.; Az uniformitarianizmusról és filozófiai alapjairól: *R. Hooykas:* Continuité et discontinuité en géologie et biologie. Paris 1970.; *Horváth J.:* A mozgás szaktudományos és filozófiai feltárásának egysége és különbözősége. ELTE Filozófia Tanszék, 1973.; A természetes kiválogatódásról: *D. Limoges:* La sélection naturelle. Étude sur la prèmiere constitution du concept. Paris 1970.; *C. Zirkle:* Natural Selection before the Origin of Species. Proc. Amer. Phil. Soc., 1941. No. 84. 71–123 old.; *L. C. Eiseley:* Charles Darwin, Edward Blyth, and Theory of Natural Selection, Proc. Amer. Phil. Soc., 1959. No. 103. 94–158. old.; „A fajok eredeté"-nek hatása Engelsre: MEM 29. köt. Budapest 1972. 498. old.; Darwin eredetiségére vonatkozóan: *G. De Beer:* Darwin's Notebooks on Transmutation of Species. Bull. British Mus., 1960. No. 2. 27-73. old.; *G. Rousseau:* Lamarck et Darwin. Bull. Mus. Nat. Hist. Naturelle, 1969. 1029–1041. old.; A szerzett tulajdonságok öröklődésének történetiségéről: *C. Zirkle:* The Early History of the Idea of the Inheritance of Acquired Characters and of Pangenesis. Trans. Amer. Phil. Soc., 1946. No. 35. 91–151. old.; Darwin gradualista felfogásáról: *S. J. Gould–N. Eldredge:* Punctuated Equilibria: the Tempo and Mode of Evolution Reconsidered. Paleobiology, No. 3. 115–151. old.; Darwin betegségéről: *R. Colp:* To be an Invalid. The Illness of Charles (Robert) Darwin. London 1977.; Darwin munkásságának dialektikus materialista értékeléséről: *H. Varró R.:* Dialektika az élő természetben. Budapest 1974.

NÁNÁSI IRÉN

Az élő rendszerek tér—idő viszonyainak néhány aspektusáról

A tér–idő mibenlétének és megismerésének szaktudományos és filozófiai tisztázásához az eddigiekben főként a fizika és a geometria járult hozzá. Ez a körülmény rányomja bélyegét a filozófiai vizsgálódásokra is. A mozgó anyag létformáinak filozófiai leírásában fizikai-geometriai tartalommal bíró (például dimenzió, szimmetria) fogalmakat használunk. E kategóriák alkalmazása nehézségeket okoz a biológiai rendszerek tér–idő viszonyainak a leírásában. Napjainkban vált időszerűvé, sőt szükségszerűvé a kísérleti biológiai tudományok tapasztalati tényanyagának biológiai, ill. filozófiai szintézise, bár még sok a tisztázatlan szaktudományos kérdés.

A biológiai tudományok egész rendszerének tulajdonképpeni tartalma az élet lényegének és e lényeg megismerésének problémája. Mindkét problémának megvan a filozófiai vetülete. A felmerülő kérdések szaktudományos és filozófiai szintű megoldásánál nyomon kell követnünk az élő rendszerek szerveződésének általános elveit. „Ha az élet alaptörvényeit keressük, azt a biológiai rendszerek organizációs módjában kell keresnünk."[1] E tanulmány célja éppen az, hogy ezen organizációs mód filozófiai vetületének egyik – általunk alapvetően fontosnak tartott – aspektusát, a tér–idő viszonyokat vizsgálja. Elsősorban, de nem kizárólagosan a molekuláris szint[2] tér–idő viszonyait elemezzük a dialektikus materializmus általános alapvetéseire, ill. a biológiai tudományok eredményeire támaszkodva.

A dialektikus materializmus anyag–mozgás–tér–idő viszonyára vonatkozó alaptétele: „Nincs semmi a világon, csak mozgásban levő anyag, a mozgásban levő anyag pedig nem mozoghat másképp, mint térben és időben. ... a tér és az idő nem pusztán a jelenségek formája, hanem a lét valóságos, objektív formája."[3] A tér–idő tartalma a mozgás. A mozgás *változás általában:* a változás *állandóságon* keresztül valósul meg. A tér és az idő a mozgás e két egymástól elválaszthatatlan sajátosságát

– a változékonyságot és az állandóságot – fejezi ki. A térben a *dolgoknak önmagukkal való azonossága*, ugyanakkor más dolgoktól való különbözése, más dolgokhoz való viszonya nyilvánul meg. A tér, az utóbbi szempontot figyelembe véve, *a változás több irányú terjedése*. Az idő a dolog önmagához való viszonya, melyben *az önmagától való különbözésen* van a hangsúly. Az önmagától való különbözés a *múlt-jelen jövő* dialektikáján keresztül valósul meg, melyben a *változás egy irányban terjed*. A tér és az idő mint objektív létformák, elválaszthatatlanok az anyagtól. A létformaként való értelmezésben éppen ezen az elválaszthatatlanságon van a hangsúly.

Az anyagi világ az összefüggések és kölcsönhatások végtelen egymásbafonódása, ezért célszerű az *összefüggések és a kölcsönhatások szemszögéből* is megvizsgálni a létformákat. „Ha a természetet, vagy az emberiség történelmét vagy saját tevékenységünket gondolkodó vizsgálatnak vetjük alá, mindenekelőtt összefüggések és kölcsönhatások végtelen egymásbafonódásának képe tárul elénk, amelyben semmi sem marad meg, ami, ahol és ahogy volt, hanem minden mozog, változik, létrejön és elmúlik."[4] Az összefüggések oldaláról elemezve a tér és az idő nem más, mint *létrend;* a tér *az együttlétezők dialektikus rendje*, az idő pedig *az együttlétezők egymásra következésének dialektikus rendje*. A létrendként felfogott tér és idő az anyagi világ legáltalánosabb, minden determinációtípust átfogó összefüggése, amely a kölcsönhatásként értelmezett mozgásban valósul meg.

Az együttlétezők rendje nem valami örök és változatlan rend, hanem levésben, változásban levő együttlétezők rendje. A folyamatban a folytonosság minőségi ugrásokkal megszakad, ezzel az együttlétezők egy új rendje alakul ki. Az együttlétezők egymásrakövetkeznek, ez az egymásrakövetkezés az idő. Tehát a tér a folyamatban levő dinamikus állandóság kifejeződése, dinamizmusában nyilvánul meg a tér időisége. Az idő sem mentes a téries sajátosságoktól. Az egyidejűség mint időreláció, egyben térreláció is, benne kifejeződik a tér és az idő elválaszthatatlansága. Az egyidejűségben csap át az időiség térviszonnyá. A tér időiesítését és az idő tériesítését – a különbségtétel mellett – szükségesnek véljük, mert benne az objektív valóság egy reálisan létező mozzanata, a tér és az idő elválaszthatatlansága nyilvánul meg.

A tér és az idő relációs jellege különös hangsúlyt kap a biológiai rendszerek vizsgálatánál. Mindössze arra utalunk, hogy a biológiai rendszerek tér–idő viszonyait úgy értelmezzük, mint a környezet tér–idő viszonyaihoz való alkalmazkodási tényezőt, mint megelőző visszatükrözést.

Ebben az értelemben e rendszerek rendelkeznek „saját térrel" és „saját idővel", ugyanakkor a környezet tér–idő viszonyai *létfeltételek* számukra. A „saját tér" és „saját idő" az élővilág evolúciója során éppen e létfeltételek által meghatározva jött létre, molekuláris és másfajta mechanizmusokban strukturálisan és funkcionálisan rögzült. A múlt programként való jelenléte a jelenben és a jövőben a determinációnak egy sajátos típusát produkálja.

Az anyagfajta—mozgásforma szintjén vizsgálva a tér–idő viszonyokat, három tényezőt kívánunk figyelembe venni: a rendszernek a környezettől elkülönült, de azzal összefüggő *„saját tér–idő"* viszonyait; *a környezetek a tér–idő viszonyait* (időbeniség, térbeniség), valamint *e kettőnek az egymással való összefüggését*. Ezen utóbbi tényező különös hangsúlyt kap a biológiai rendszereknél. Az idő így a maga teljességében – a tér is – a konkrét dolgok és folyamatok belső és külső létfeltétele és létformája. A dolgok állapotai tehát nemcsak „időiek", hanem „időbeliek" és „időbeniek" is.[5] Az általunk vizsgált biorendszer *egyike az anyagi világ alapvető anyagfajtáinak*. „A dialektikus materializmus az anyagot mint egyetemes és specifikus tulajdonságoknak az egységét jellemzi. Az anyag specifikus tulajdonságainak vizsgálata vezet el a világ minőségi sokféleségének, különböző lényegi szintjeinek felismeréséhez. Filozófiai síkon ezt a sokféleséget az anyagfajta fogalmának bevezetésével fejezzük ki és tanulmányozzuk."[6] A biológiai rendszerek bármilyen aspektusa vizsgálatánál célszerű szem előtt tartani a dialektikus materializmusnak az anyagfajták és mozgásformák mibenlétéről és egymáshoz való viszonyáról szóló tanítását. A témánk szemszögéből az önálló léttel bíró anyagfajták és az anyagfajtáknak megfelelő mozgásformák összefüggéséből – az egymás általi *feltételezettség*, az egymásba való *átmenet* és az egymást *tartalmazás* – különös hangsúlyt kap a tartalmazás reláció. Bár a feltételezettség helytelen értelmezése is vezethet hibás következtetésekre. Itt azokra a fizikusok, biológusok által képviselt álláspontokra gondolunk, miszerint az „életre való atomok", az elektron rendelkeznek az élő állapot kialakulásához szükséges „képességekkel" (például a szénatomok sajátos térviszonyai ilyen képességek). Az említett atomok a kémiai és nem a biológiai szerveződés közvetlen feltételei. Az élő rendszerek esetében „az egymás általi feltételezettség mindenekelőtt azt jelenti, hogy a biológiai (tehát a magasabb rendű) mozgásforma létének feltétele a kémiai (tehát az alacsonyabbrendű) mint környezet."[7]

A tartalmazás reláció helytelen értelmezése redukcionizmushoz vezet. A tartalmazás értelmezésénél abból kell kiindulnunk, hogy „a magasabb

rendű tartalmazza az alacsonyabb rendűt, de nem vezethető vissza az alacsonyabb rendűre... A magasabb rendű mozgásforma (például a biológiai) megszüntetve-megőrizve tartalmazza az alacsonyabb rendűt (a kémiait). Ami azt jelenti, hogy a kémiai elveszti önállóságát, alárendelődik a biológiainak, a kémiai folyamatok biológiai szabályozás alá kerülnek."[8]

A biológiai rendszerek vizsgálatánál szembekerülünk azzal a problémával is, hogy az élő több alacsonyabb rendű mozgásformát tartalmaz. „A biológiai) mozgásformát vizsgálva tehát mindenekelőtt azt kell figyelembe venni és helyesen értelmezni, hogy a kémiai mint a biológiai közvetlen alapja »tartalmazza« a fizikait, és az élő a fizikait csak közvetve, a kémiai közvetítésével »tartalmazza«."[9]

E tanulmányban az anyagfajta–mozgásforma összefüggése hangsúlyos. Ugyanis a biológiai rendszerek molekuláris szintje tér–idő viszonyainak vizsgálata nem merülhet ki a benne szereplő atomok és molekulák tér–idő viszonyainak leírásában. Fel kell mutatni a molekuláris szerveződési szint tér–idő viszonyainak specifikumait, valamint más rendszerek tér–idő viszonyaival való összefüggését. Egyetlen problémára utalunk, a térviszonyok szimmetriájára–aszimmetriájára. A filozófiai, biológiai írások szinte mindegyike kiemeli, hogy az élőre az aszimmetria a jellemző, bár a szimmetria is létezik. Mire vonatkozik ez az állítás? Többnyire két dologra. Egyfelől a molekuláris szintre, ahol ha az optikai izoméria tényét vesszük szemügyre, kiderül, hogy az élő rendszerekben L-aminosavak és D-cukrok szerepelnek. Az optikai izoméria tényét vizsgálva tulajdonképpen nem azt a kérdést tettük fel, hogy *milyenek az élőnek mint rendszernek a szimmetriaviszonyai*, hanem milyenek az élő rendszerben szereplő egyes molekulák. Fontosnak, egyben a továbbiakban célunknak tartjuk a kiemelt kérdés vizsgálatát. Pillanatnyilag úgy látjuk, hogy a molekuláris szinten a „saját" szimmetria–aszimmetria probléma egyik kulcskérdése a molekuláris mechanizmusokban érvényesülő komplementaritás elv.[10] Egyébként nem vitatjuk a fontosságát és érdekességét annak a fizika által is vizsgált problémának, hogy miért „LD-típusú" élőlények léteznek elsősorban. Másfelől a szimmetria viszonyokra vonatkozó fenti állítás morfológiai sajátosságokra vonatkozik, amit szükségesnek, de az élő rendszerek egésze szempontjából kevésnek tartunk. (Egy későbbi tanulmányban foglalkozni kívánunk a szimmetria-problémával.)

Az a tény, hogy az élőlényekre a rendszer jellegű szerveződés jellemző, hogy fejlődő rendszerek és hogy maguk is belső differenciáltsággal bíró

anyagfajták, meghatározza azokat a módszereket, amelyekkel feltárható lényegük. Témánk szempontjából két megközelítési elvet tartunk kiemelkedőnek: a *történetiség elvét és a strukturális-rendszerelvű megközelítést*, figyelembe véve a biológiai rendszerek történeti jellegét és erőteljes belső differenciáltságát. „A történetiség mindenekelőtt tér–időbeliség. A történetiségben az adott tér–idő viszonyokból következő sajátosságok fejeződnek ki... A történetiség folytonos változáson alapuló tér–időbeliség.."[11] A kutatásban szem előtt kell tartani a vizsgálandó tárgynak erőteljes történeti jellegét, hiszen annak lényeges sajátossága a fejlődésre való képesség, az egyedi és történeti változékonyság, a meghatározott időközökön belüli minőségi átalakulás. Azzal kapcsolatosan, hogy a biológiának okvetlenül figyelembe kell vennie a történeti tényezőt, mint valami olyasmit, ami specifikusan jellemzi a biológia tárgyát, Mayr, az ismert biológus a következőket írja: „Itt minden faj vagy egyed egy hosszú, immár több mint kétezermillió esztendős történeti folyamat terméke... A biológiában nincsenek »abszolút jelenségek«. Minden összefügg az időben és a térben. Az állat, vagy növény, vagy mikroorganizmus, amelyekkel dolgozunk, csak egy láncszem azoknak a változó formaknak a láncolatában, melyek közül egyik sem rendelkezik állandó értékkel. Csakugyan, feltehetőleg egyáltalán nem létezik olyan biológiai struktúra vagy funkció, amelyet teljes egészében meg lehetne érteni ezen a történeti kontextuson kívül."[12]

A tárgy mindenoldalú vizsgálatának alapvetően fontos megközelítési elvei tehát a történetiség és a rendszerelvűség. A rendszerelvű megközelítés szervesen egyesíti a strukturális és funkcionális elemzést. Segítségével feltárhatók az élettevékenység bizonyos általános elvei a biológiai szerveződés szintjein. E megközelítési mód „a biológiai tárgyat, annak struktúráját és működési sajátosságait totalitásként, rendszerként reprodukálja"[13]. E módszer alapjául szolgáló filozófiai elvek egyike az anyagi kölcsönhatás fogalma. Ennek értelmében az élő rendszerek vizsgálatánál mindig figyelembe kell venni a más rendszerekkel való kölcsönhatásokat.

A biológiai rendszerek tér–idő viszonyainak belső alapja az anyagcsere. A biológiai és filozófiai szakirodalomban az anyagcsere többféle értelmezésével találkozunk. Az értelmezésekben két fő tendencia követhető nyomon. Az egyik a szűkebb értelmezés tendenciája, mely szerint anyagcserén az élő rendszerekben lezajló anabolizmust és katabolizmust kell érteni. „Az intermedier anyagcsere – tulajdonképpen az igazi anyagcsere–molekuláris folyamat, mely az életjelenség alapját képezi. Az intermedier anyagcsere a szubmikrostruktúrában lejátszódó kémiai

és fizikai molekuláris folyamatot jelenti."[14] A másik tendencia az anyagcserét tágabb értelemben használja, úgy fogja fel, mint a szervezet és a környezet kölcsönviszonyát, melynek a katabolizmus és az anabolizmus „csak" egy része. Az anyagcsere ebben a felfogásban kiegészül az anyagfelvételt és az anyagleadást is tartalmazó transzporttal. A továbbiakban a tágabb értelemben vett anyagcsere-fogalommal dolgozunk, figyelembe véve azt a tényt, hogy az élő szervezetek egyik, az élettelentől megkülönböztető sajátossága, hogy a környezettől különböző belső állapotát fenn tudja tartani. Az élő rendszerek ezt azzal érik el, hogy környezetükkel szoros és állandó kapcsolatban vannak. E viszonyt éppen a tágabb értelemben vett anyagcsere valósítja meg. „A biológia egyik legfontosabb alapelve a *szerveződés*. Ez azt jelenti, hogy két meghatározott módon összekapcsolt rendszer új egységet képez, olyan rendet, amelynek tulajdonságai nem additívak, és nem írhatók le a komponensek tulajdonságaival."[15] A szerveződés biztosítja a biológiai objektumok környezettel szembeni autonómiáját, azt, hogy nyílt voltuk „ellenére" a környezeti tényezőkkel szemben egységes egészként, rendszerként egzisztálnak.

A rendszer fogalmát a szakirodalmak (például kibernetika, biológia) különböző tartalommal használják. Ezért szükségesnek tartjuk körvonalazni azt, hogy mit értünk rendszeren. A rendszer elemekből álló differenciált egész, melyben az elemek viszonylagos önállósággal bírnak, a rendszerből kiszakítva teljesen új minőségként léteznek. Elemeken nemcsak a rendszert alkotó objektumokat, dolgokat értjük, hanem a közöttük levő viszonyokat, elrendeződést is. Ez az utóbbi az, ami a rendszer karakterisztikájának leglényegesebb mozzanata. A rendszer állapota nem kaotikus, hanem *rendezett*. „... minden rendszer lényege az alkotóelemük és struktúrájuk egysége, vagy másként, bármely minőségileg meghatározott anyagi objektum rendszert képez... A rendszer minőségi meghatározottsága igen lényeges"[16]. Az így értelmezett rendszerfelfogásból következik, hogy sem az atomi szint, sem pedig a molekulák mint kémiai létezők nem elemei a biológiai rendszereknek. „Az, hogy a biológiai tartalmazza a kémiait, nem jellemezhető úgy, hogy a biológiai kémiai részekből, elemekből álló struktúra, egész."[17] A rendszerelmélet oldaláról megközelítve a problémát, hangsúlyozzuk, hogy az atomok és molekulák térviszonyai nem azonosak magának az élő rendszernek a térviszonyaival, ill., hogy az utóbbi nem vezethető vissza az előbbiekre.

A tér–idő viszonyok molekuláris szinten történő vizsgálatának az alapját az élő rendszerek reakciórendszerei adják. E mechanizmusokban rejlik az élő rendszerek egysége és egyedisége. Az eddigi vizsgálatok ki-

mutatták, hogy a földi élőlények testanyagainak zöme, valamint az anyagcsere alapfolyamatainak többsége azonosak. Minden szervezet testanyagainak felépítésében a következő alapelemek vesznek részt: C, N, O, H, S, valamint szükséges még néhány más elem (például Ca, Cl, Fe, K, Na stb.). A felsorolt elemek közül kiemelkedően fontos a szén, mert ezek az atomok könnyen alkotnak nagy stabilitású kötéseket, ezen tulajdonság révén létrejönnek azok a szénvegyületek, amelyek az élő rendszerek alapját képezik. A szénatomok kitüntetett szerepének elismerése mellett nem értünk egyet az alábbi állásponttal: „Az élőlények struktúráját jellemző magas fokú rendezettség az anyag kivételesen megjelenő állapota, elsősorban a szénatom homogén energetikai szimmetriájával, az elektron héjának jellegzetes polaritási hajlamával összefüggő rendező készségére vezethető vissza."[18] A szénatomokban ugyanis „csak" közvetlenül a molekulává szerveződés lehetősége van meg. Más atomokkal együtt (O, N, H, S) képezi azokat a szerves molekulákat, melyek tartalmazhatják az élővé szerveződés lehetőségeit.

Minden élő sejtben sok tízezer szénvegyület szerepel, néhány azonban mindben megvan. Az élővilág egysége abban is megnyilvánul, hogy minden szervezet a felvett tápanyag többségét a felhasználás előtt néhány alapvegyületté alakítja át, a különbség viszont abban rejlik, hogy mit alakítanak át alapvegyületté. Az egység-egyediség dialektikája nyomon követhető a saját anyagok bioszintézisében és az energiatermelés-raktározás mechanizmusában. Végül az egység és az egyediség megnyilvánul az örökítő anyag felépítésében, működési elveiben. A tulajdonságok alapját képező fehérjék 20-féle aminosavból épülnek fel. A specifitást az aminosav-szekvencia biztosítja, ugyanakkor a fehérjék térszerkezetében általános törvényszerűségek is érvényesülnek. A funkcionális tulajdonságok (például aktív csoport léte vagy nemléte) végső soron a szekvencia függvénye. A szekvencia programja viszont a fejlődés folyamán alakult ki, genetikai információ formájában rögzült. A genetikai kód alapstruktúrája és működési mechanizmusa egységes az egész élővilágban. Az életműködés alapját képező fontos molekulák, fehérjék, nukleinsavak, lipidek és poliszacharidok a meghatározott funkcióval szorosan összefüggő struktúrával rendelkeznek, ez a struktúra részben periódikus, és mind az alkotóelemeket, mind az egész molekulát illetően rendezettséget mutat. A biológiailag aktív molekulák többsége (nukleinsavak, fehérjék) lineáris polimer, melyek teljes egészükben, vagy részleteikben helikális szerkezettel bírnak. A lineáris polimer jellegben rejlik a végtelen számú térszerkezeti variáció, az információ-tárolás és a speciális felületek

kialakulásának lehetősége. A helicitás viszont nagyfokú stabilitást biztosít.

A biológiai rendszerek molekuláris szintjének tér–idő viszonyait alapvetően a benne szereplő *fehérjék* szabják meg. A fehérjemolekulák sajátos térbeli viszonyai teszik lehetővé a biológiai aktivitást. Az α hélix és a β konformáció szabályos merev geometriai elrendeződés, mely mintegy stabilizálja a molekulát. Vázfenntartó, szilárdító biológiai struktúrák esetén e kétféle konformációjú polipeptidlánc vesz részt a felépítésben. Az anyagcserefolyamatok katalizálásában, szabályozásában részt vevő polipeptidek a fent vázolt kétféle téralkat mellett tartalmaznak geometriailag szabálytalan struktúrákat is, „rendezetlen" konformációt. Ez azonban nem valami kaotikus része a molekuláknak; „a rendezetlen konformáció sem jelenti azt, hogy a polipeptidlánc ezen a szakaszán az aminosavrészek valamiféle statisztikusan változó konformációban vannak, hanem csupán azt, hogy az egymást követő aminosavak egyébként pontosan megszabott lokális konformációja más és más, ezért a peptidláncnak nincs valamilyen periodikus, rendezett konformációja (amilyen például a helix)"[19]. A globuláris alkat léte éppen a „rendezetlen" szakasznak köszönhető. A fehérjék biológiai funkciójáért felelős oldalláncokat kapcsoló aminosavrészek általában a „rendezetlen" szakaszra esnek. A peptidláncnak ez a különleges feltekeredettsége teszi lehetővé az aktív centrum kialakulását, ami az enzim katalitikus funkciójában közvetlen szerepet játszik. Az egész enzimmolekulát felépítő többi aminosavrész az aktív centrum speciális térszerkezeti adottságait, a katalitikus reakciókban résztvevő csoportok megfelelő orientációjú együttesének kialakulását biztosítja és ezt a konformációt rögzíti.

A fehérjék azáltal határozzák meg a sejtek különböző tulajdonságait, hogy katalizálják a tulajdonságok alapját képező kémiai reakciókat. Ugyanakkor a legtöbb kémiai reakció hozzájárul a fehérjék szintéziséhez. Végső soron azonban a fehérjék milyenségéért a DNS felelős; lehetővé teszi a fehérjeszintézis képességének öröklődését, valamint biztosítja a szintézist azáltal, hogy a gének egy részének egyedüli funkciója a fehérjék szerkezetének meghatározása. „A »bűvös kör« visszatérő ágát mutatja, hogy mind az energiatermelés, mind a genetikai apparátus, de még maga a fehérjeszintézis is, enzimek, enzimfehérjék közreműködését igényli."[20]

Az élő szervezetekben lezajló bioszintetikus folyamatok rendkívül energiaigényesek. A szükséges energiát a sejt elsősorban a *cukrok* lebontásából nyeri. Az élő rendszerek tér–idő viszonyainak értelmezése szempontjából szemügyre kell még venni a poláros csoportokat is tartalmazó

lipideket, melyek vizes közegben micella és lamellaképződési sajátossággal rendelkeznek. A lamellaképződés a membrán-szerveződés alapja.

A fent vázoltak alapján megfogalmazhatjuk, hogy a szerves molekulák (fehérjék, cukrok, lipidek, nukleinsavak) felépítettségében, térviszonyaiban, reakcióképességeiben benne rejlik az élővé szerveződés lehetősége. Meghatározott környezeti feltételek mellett, meghatározott szervetlen ionokat is tartalmazó vizes közegben, bizonyos hőmérsékleti viszonyok között a lehetőség realizálódott, ezzel létrejött a szerveződésnek egy kémiain nyugvó, attól minőségileg eltérő, magasabb szintje.

Az anyagcsere mint a biológiai rendszerek tér–idő viszonyainak belső alapja energiát szolgáltató folyamat, mely aerob vagy anaerob körülmények között megy végbe. Az e folyamatban keletkezett intermedierek kiindulási anyagai lehetnek a másik alapvető folyamatnak, a bioszintézisnek, mely maga a legfőbb energiafogyasztó. A két folyamatrendszert szigorú szabályozottság köti össze. A sejtek egész építő anyagcseréje lényegében az energiaszolgáltatás alapját is képező szénhidrát anyagcserére épül. A glikolízis és a citrátkör intermedierjei az aminosavak, nukleotidok, zsírok kiindulási anyagai. Ha csak az aerob körülmények között folyó energiatermelést vizsgáljuk, látható, hogy a három energiatermelő folyamat tér–idő viszonyai a mechanizmus működése szempontjából alapvetően fontosak. Az egyik folyamatban keletkezett végtermék ugyanis másik folyamat alapanyaga. A *glikolízis* terméke a piroszőlősav, kiindulási anyaga (átalakított formában) a citrátciklusnak. Az e ciklusban keletkezett hidrogének (redukált NAD) az oxidatív foszforilálás során ATP szintézisére használódnak.

Minden élő sejt energiaforgalmának elve azonos, bár a részfolyamatokban van eltérés. Az energiatermeléssel járó folyamatokat az ATP kapcsolja össze az energiafogyasztó folyamatokkal. Ugyanezen mechanizmus alapján működik a NAD is, közvetítésével a redox folyamatok térben és időben elválnak egymástól. Az energiatermelő és energiafogyasztó folyamatok tér–időbeli elkülönültsége, valamint a bioszintézis és az energiaszolgáltató folyamatok körfolyamat jellege rendkívül gazdaságos anyag és energetikai szempontból, valamint a tér–idő viszonyok szemszögéből is.[21]

Az anyagcsere építő és bontó jellegű mechanizmusai kémiai kötés formájában létező kölcsönhatások révén valósulnak meg. A biológiai rendszerek lágy rendszerek, a fent említett kölcsönhatások vizes közegben hatnak. A víz „meghatározott stabil szerkezettel bír", többé-kevésbé befolyásolja a benne lezajló folyamatokat, alapvetően hozzájárul a protoplazma

konzisztenciájának milyenségéhez. Fiziológiás körülmények között a vízmolekulák többsége kovalens kötéssel összetartott HOH molekulákból áll (bár előfordul ionokra disszociált alak is). A nagyfokú átrendeződő képességgel rendelkező hidrogénkötések következtében a vízmolekulák tetragonális elrendeződésűek, ennek köszönhető a nagyfokú stabilitás.

Az oldott állapotban levő molekulák közötti kölcsönhatások (hidrogénkötések, van der Waals-féle kölcsönhatás, ionkötések, apoláros kötések), molekularészeket, molekulákat közelebb hoznak egymáshoz, ezáltal a reakciómechanizmusok számára a lehetséges legkisebb térméretet veszi fel a rendszer, azaz „beszűkül" a tér. A tér „beszűkülésével" felgyorsulnak a folyamatok, felgyorsul az idő (a felgyorsulás az élő rendszert érő környezeti hatások viszonylatában értendő).

A biológiai rendszerekben ható kölcsönhatások *gyenge kölcsönhatások* (1–7 kcal/mol.). E tényezőnek messzemenő következményei vannak a biológiai rendszerek tér–idő viszonyai tekintetében. Egy specifikus minőségű konkrét biológiai rendszer „saját tér–idő" tekintetében a lehetőségek egy bizonyos körével rendelkezik. Az adott rendszerkénti létezéséhez a környezet hatásaitól függően *többféle „saját tér–idő" rendelődik*. Az azonos minőségen belüli többféle tér–idő viszony lehetősége a rendszer vezérelt jellegéből következik. A vezérelt rendszerekben mindig „megtalálható" a lehetséges állapotok összessége, amelyek közül az adott rendszer kiválasztja a legmegfelelőbbet. Az önvezérlő rendszereknek tehát megvan az a képessége, hogy „az információs jelzések hatására megváltoztassák állapotukat és saját szervezetüket olyan módon, hogy megkeresik az optimális paramétereket, vagyis az a képességük, hogy megválasszák válasz-akcióikat, reakcióikat. Az ilyen típusú rendszerek azzal a tulajdonsággal is rendelkeznek, hogy »emlékeznek« előző reakcióik legelőnyösebb effektusára, s ennek megfelelően önépítő, tanuló rendszerként jellemezhetők"[22]. Egy rendkívül dinamikus tér–idő struktúrával állunk szemben, mely a környezet feltételeihez igazodva úgy változik, hogy maga a rendszer ugyanaz marad. „A gyenge kölcsönhatások 1–7 kcal/mol. energiája nem elegendő ahhoz, hogy a rendeződésre való törekvés következtében nagyon tartós, állandó „kristályszerkezetek" alakuljanak ki a vizes oldatban, mert a termikus energia ezeket a kötéseket gyakran felbontja, újraalakítja, így az oldat szerkezete állandó mozgásban van, és a lokális környezet változásainak (anyagcsere) megfelelően azonnal újra rendeződhet. Ha az oldat szerkezete nem is hasonlítható a szilárd anyagok kristályos állandó szerkezetéhez, mégis lényeges erőkkel operáló szerkezetekről, határozott elrendeződésről van szó."[23]

A molekuláris mechanizmusok sajátosan szerveződnek, a rendszer alrendszereit, elemeit képezik. A molekuláris szint *tér–idő viszonyaiban megnyilvánuló szervezettségének három alapeleme van*, melyek specifikus együttlétezési, ill. egymásrakövetkezési rendet jelentenek. Az egyik alapelem a *genetikai információrendszer*, melyet többnyire a DNS tartalmaz. A DNS-be kódolva van a biorendszer megvalósulási programja. Az információtároló rendszer viszonylagos önállósággal bíró, a többi elemtől elkülönült alrendszer, melyet egy közvetítő anyag, a vezérlő RNS kapcsol össze a tér–idő struktúra többi elemével.

A tér–idő viszonyok másik alapelemének az enzimatikus fehérjéket is tartalmazó *citoplazmát* tekintjük. Az enzimatikus fehérjék az energetikai térhatárokat módosítják azáltal, hogy normál körülmények között nem reagáló molekulákat a rendszer szükségleteinek megfelelően reakcióképessé teszik. Ezen elem – a citoplazma – a molekuláris szabályozottság legfőbb színtere, természetesen a többi elem is szabályozott. A szabályozó folyamatok az evolúció eredményei, ugyanis a gyorsabb, magasabb hatásfokú anyagcsere szelekciós előnyt jelentett. A molekuláris mechanizmusok minden lépésében szabályozó csatolások koordinálják és hangolják össze a reakciókat a követelményekkel. Csak az termelődik, amire szükség van, s csak akkor, amikor szükség van rá. Különösen hatékony az enzimek aktivitásának szabályozása feed-back mechanizmus révén. Ezáltal a sejt a lehető leggazdaságosabban használja ki anyag- és energiaforrásait. A plazmában viszonylag szűk térben és rövid időintervallumban sokféle kémiai reakció játszódik le. Összetett szabályozó rendszerek valósítják meg ezen folyamatok összehangolását. Érvényesül a szabályozásnak egyik alapvetően fontos elve, nevezetesen az, hogy ugyanazon anyag lebontásának és szintézisének többsége reverzibilis reakció ugyan, a két mechanizmus azonban térben és időben elkülönül, azaz egy anyagnak a lebontása nem a szintézis megfordulásával jön létre, hanem ettől eltérő úton.

Az enzimek tehát nemcsak gyorsítják a reakciókat, hanem lehetővé teszik a különböző folyamatok kinetikai összehangolását is. Az anyagcsere alapját tulajdonképpen az autokatalízises és autoinhibíciós jellegű folyamatok alkotják. Az önszabályozó mechanizmusban a kémiai folyamatok egyidejűsége és egymásrakövetkezése állandóan változik, így marad a rendszer homeosztatikus állapotban. „Az önszabályozás biztosítja, hogy fennmaradjon egy rendszer, fennmaradjon összetétele és struktúrája a maga jellegzetes belső kapcsolataival és a rendszer egészének térben és időben végbemenő törvényszerű átalakulásaival."[24] A tér–idő

viszonyok *dinamizmusát* jelentő szabályozással kapcsolatosan meg kell jegyeznünk, hogy az egysejtűek esetében *közvetlenül* ható külső környezettel kell számolnunk, olyan külső környezettel, mely viszonylag gyorsan változik. Itt elsősorban a környezetben levő anyagok mennyisége befolyásolja a belső állapotot. Ezen belső állapot mennyiségi szabályozás révén (enzimindukáció, enzimrepresszió) követi a környezet változásait.

A magasabb rendű, többsejtű szervezetek sajátos belső környezettel bírnak, mely „ütközőpont", közvetítő a szervezet közvetlen molekuláris mechanizmusai és a külső környezet között. Ez a belső közeg a külső környezet mennyiségi paramétereinek változásait bizonyos intervallumon belül képes közömbösíteni saját állapotának változásaival, mely szintén szabályozott.

E rendszereknél kialakul a rendelkezésre álló anyag és energiaforrásnak a lehető leggazdaságosabb kihasználása aktivitásszabályozás által.

A sejtszervekben működő összetett enzimrendszerek csak szigorúan szabályozott térbeli elrendeződésben képesek katalizálni. E szigorú térbeli elrendeződést a tér–idő viszonyok harmadik eleme, a *membránrendszer* biztosítja. A membránrendszer hozzájárul a biorendszerek idejének „felgyorsulásához" azáltal, hogy létével egyidejűvé válnak az egyébként egymásrakövetkező reakciók. Ugyanakkor a membránrendszer egyfajta „térnövekedést" is biztosít a reakciók számára, miután viszonylag nagy felületük van, a membránok összegyűrhetők, azaz több réteg fektethető egymásra, így a felületekhez kötött reakciók óriási mértékben megnövekednek, ugyanis a helykihasználás sokkal gazdaságosabb, hatékonyabb lesz."[25] A fehérjékből és poláros lipidekből álló két dimenziós hártyarendszer az aktív transzportban is szerepet játszik.

A molekuláris szint tér–idő viszonyait meghatározó mindhárom tényező felépítésében és működésében érvényesül a *komplementaritás elv*, mely minden molekuláris biológiai mechanizmus legfontosabb invariáns jellemzője. Az élő rendszerek molekuláris struktúráinak *megmaradási elve* a komplementaritáson nyugszik, mert az információs továbbítás is komplementer módon történik.

Az élő rendszerek egyik legjellemzőbb tulajdonsága, hogy reagálnak a környezetben bekövetkező változásokra, megelőző visszatükrözés révén alkalmazkodnak a feltételekhez. Az élő rendszerek tér–idő viszonyainak éppen az a specifitása az élettelen természet tér–idő struktúrájával szemben, hogy *alkalmazkodási alap, hogy aktivitási tényező*. Molekuláris szinten a protoplazma láncreakciói *megelőzve tükrözik* a környezet egymást követő és ismétlődő hatásait. „...a valóság megelőző visszatükrö-

zése nem egyéb, mint az élő anyag alkalmazkodásának alapja annak a szervezetlen világnak a tér–idő struktúrájával szemben, amelynek két alapvető időparamétere az egymásutániság és az ismétlődés."[26] A környezeti tényezőkre való reagálás a baktériumok esetében az enzimindukáció, az enzimpresszió és a molekuláris szabályozás más formájában nyilvánul meg. A fejlettebb állati sejtekben differenciáltabbak a válaszok, legmagasabb fokú az idegrendszerrel bíró állatoknál. A reakciókban a különbségek mellett vannak közös vonások, melyek közül legfontosabb az, hogy e reakciók a megelőző visszatükrözés lépcsőfokai, s mint ilyenek *jelfunkciót töltenek be.* A megelőző visszatükröződés lépcsőfokainak történeti létrejötte szintén a közös vonások közé tartozik. A megelőző visszatükrözés történeti alakulása szemszögéből a molekuláris mechanizmusokban két mozzanat a döntő. Egyfelől az, hogy a megelőző visszatükrözés alapja és lehetőségei örökölhető információ alakjában rögzülnek; másfelől az öröklött genetikus információ alapján konkrét környezeti körülmények között különféle reakciók jönnek létre. Az öröklött információ csak azokat az „ismereteket" tartalmazza, amelyek a szervezet felépítéséhez, életképességének fenntartásához szükségesek, melyek az adott faj evolúciója során felhalmozódtak. Közvetlenül nem tartalmazzák a környezettel szembeni „viselkedés" konkrét programját, de bennük van olyan mechanizmusok felépítésére vonatkozó információrendszer, amelynek alapján az élő objektum képes „kidolgozni" a kialakult helyzetnek megfelelő reakciókat, s általuk tartható fenn a homeosztázis. A követelményekkel szabályozó csatolások, önreflexiós mechanizmusok koordinálják a reakciókat. Ezen koordinált mechanizmusok közvetett alapja tehát a genetikus kód, mely az élő rendszerek történeti fejlődésük folyamatában kialakult sajátságos alkalmazkodása. Olyan átalakított információmennyiség, melyet az élő rendszerek részint egyedi életük folyamán kaptak, részint elődeiktől örököltek. A populációban követhető nyomon a biorendszer örökletes alapjára gyakorolt külső hatás mikéntje, az időbeniségnek–térbeniségnek és a „sajátidőnek–sajáttérnek" egymásba történő átmenete.

Melyek a környezetnek azok a tér–idő paraméterei, amelyek a biorendszerek tér–idő viszonyainak feltételei? Kétféle aspektusból kívánunk a kérdéssel foglalkozni: az élővé szerveződés, valamint a már kialakult élő rendszerek szempontjából.

Az élőlények létrejötte előtt létezik az anyagi világnak egy meghatározott tér idő struktúrája. E tér–idő struktúra egyfelől előfeltételként (ebből alakul ki az élő saját tér–ideje), másfelől az élő számára eleve adott létfel-

tételként szerepel. Amikor az élők létrejöttek nyílt rendszerek lévén – tükrözniük kellett az „eleve adott" viszonyokat.

A megelőző visszatükrözés szemszögéből két környezeti tér–idő paraméter lényeges: az *egymásutániság* és az *ismétlődés*, ezek ugyanis az *állandóan ható* paraméterek. Az egymást követő és ismétlődő hatások „szabták meg végső soron az élőlények elsődleges anatómiai szerkezetét és alkalmazkodási funkcióit. Ebben a tekintetben az élőlények szervezete a szó szoros értelmében konkrét tartózkodási környezetük tér–idő paramétereit tükrözi vissza"[27], tehát e tényezők az élőlények strukturális organizációjának fő okai.

Az élővé szerveződés szemszögéből az ősóceán azon tér–idő viszonyai alapvetőek, melyek a tér „beszűkülésével", az idő „felgyorsulásával" és mindkettő „kiterjedésével" jellemezhetők. A biológiai mozgásforma közvetlen előzménye a kémiai. A fenti meghatározások tehát bizonyos értelemben kémiai tartalommal bírnak. A tér „beszűkülésén" koncentrációnövekedést értünk, mely az alkotórészek közötti kölcsönhatások viszonylag nagy gyakoriságát biztosítja. A viszonylag nagy gyakoriság jelenti az idő felgyorsulását. E tekintetben a szervetlen, ill. szerves katalizátorok jelenléte döntő fontosságú. A tér–idő viszonyok kiterjedésében viszont a nukleinsavak az alapvetőek. A nukleinsavak létrejöttével ugyanis a múlt tér–idő viszonyai rögzülnek. Az örökítő anyag kovarians reprodukciója révén a múlt abban az értelemben játszik kitüntetett szerepet, hogy strukturálisan és funkcionálisan benne foglaltatik a jelenben, ezáltal – az élettelen rendszerekhez viszonyítva – sokkal nagyobb mértékben meghatározza a rendszeren belüli lehetséges állapotok körét. A genetikus struktúrában levő program egyben azt a szerepet is betölti (megelőző visszatükrözés), hogy egy még véghez nem vitt akciónak, egy ilyen akció eredményének „anticipációs modelljévé" válik.

A genetikai program, valamint az ezzel összefüggő megelőző visszatükrözés léte, egy sajátos, az élettelen természettől különböző múlt–jelen–jövő viszonyt alakít ki, aminek egyik vonatkozására, a múlt kitüntetett szerepére utalunk. Nevezetesen arra, hogy az élő rendszer a múltját, sőt fejlődési vonalának egész múltját erőteljes determináló tényezőként magában hordja. A másik vonatkozás az élő rendszer múlt jelen–jövő viszonyának és a környezet múlt–jelen–jövő viszonyának a kapcsolata. A megelőző visszatükrözés révén – melyben a környezet makroidőközökben lezajló folyamatai az élő rendszerben mikroidőközökben játszódnak le az egymást követő és ismétlődő környezeti tényezők első tagjának hatására – fáziseltolódás jön létre a szervezet és környezet

tér–idő viszonyaiban. A környezeti jövő a biorendszer jelenévé válik, azaz a biorendszer a megelőző visszatükröződéssel saját jelenévé teszi a környezeti jövőt, ezzel biztosítja fennmaradását. „Az a törvényszerűség, amely ott volt az élő anyag keletkezésénél és tökéletesedésénél s amely természetes következménye a világ tér–idő struktúrájának, a természetes kiválasztás révén öltött alakot, s egyre mélyebben ágyazódott bele a protoplazma stabilizálódó struktúrájába. Következésképpen azt az elvet, hogy az élő szervezet protoplazmatikus folyamataiban a világ megelőző visszatükröződése játszódik le, úgy foghatjuk fel, mint bázist az organizmus struktúráinak létrejöttéhez és megszilárdulásához, amelyek gondoskodnak arról, hogy az organizmus a jelfunkció és az ideiglenes kapcsolatok elve alapján célszerűen alkalmazkodjék a külvilághoz."[28]

A molekuláris szerveződési szint tér–idő viszonyainak lényeges jegyeit a következőkben látjuk tehát. E szint tér–idő viszonyait olyan kölcsönhatási rendszerként értelmezzük, mely átfogja a molekuláris szerveződési szint felépítettségét és működését (környezettel való kölcsönhatásrendszer, valamint a saját belső állapotoknak, alrendszereknek a kölcsönhatási rendszere). A kölcsönhatás-rendszer lényege a vezéreltség és a szabályozottság, mely utóbbi a körfolyamatokon alapuló *értéktartó szabályozásban*, a környezet pillanatnyi paramétereihez való alkalmazkodást jelentő *követő szabályozásban*, valamint a környezet paramétereinek periodikus változásait (napi, havi, évi ciklus) követő *időterv szabályozásban* valósul meg.

A szabályozásnak a követő és időterv típusa a biológiai rendszer alkalmazkodási tényezője, az utóbbi a környezet állandóan ható tényezőinek a *megelőző visszatükröződése*. A molekuláris szerveződési szint viszonylagos önállósággal bíró rendszereinek egységes egészként való működését a *közvetítő* tényezők biztosítják. Az egyik közvetítő tényező a membránrendszer, mely a rendszer és környezete, ill. az alrendszerek közötti elhatárolódást, ugyanakkor közvetítést is megvalósít aktív módon, permeabilitása révén. A vezérlő és vezérelt alrendszerek közötti összekötő kapocs a vezérlő RNS.

Az energiatermelő és energiafogyasztó folyamatokat az ATP köti össze.

JEGYZETEK

[1] *Gánti T.:* Az élet princípiuma. Gondolat 1978. 129. old.

[2] Molekuláris szerveződési szinten az élő rendszerek molekuláris mechanizmusainak összességét értjük, melyeket különböző biológiai résztudományok vizsgálnak (például citológia, molekuláris biológia, molekuláris genetika, élettan, biokémia). Esetünkben eltekintünk a fent említett résztudományok speciális vizsgálódási szemszögétől és megpróbáljuk általánosan vizsgálni az élő rendszerben egységes elv alapján működő molekuláris mechanizmusokat, melyek létét többé-kevésbé a sejtes szerveződés biztosítja. Ezzel kapcsolatosan két problémára utalnánk. Egyfelől arra, hogy a prokarioták esetében bizonyos molekuláris folyamatok megfelelő membránrendszer hiányában, térben nem különülnek el egymástól. Másfelől arra emlékeztetnénk, hogy a többsejtűekben a sejtek bizonyos mértékben elvesztik individualitásukat, a bennük lezajló folyamatok alárendelődnek a magasabb szerveződési szintek törvényszerűségeinek, ami azonban alapvetően nem változtatja meg a vizsgált mechanizmusokat.

[3] LÖM 18. köt. Kossuth Könyvkiadó 1964. 160. old.

[4] MEM 20. köt. Budapest 1974. 21. old.

[5] Lásd bővebben *Horváth J.:* A mozgás dialektikája, valamint a tér és idő filozófiai értelmezésének néhány kérdése. M. M. M-L. Tájékoztató. 1973. 2. sz. 26-42. old., valamint *Horváth J.:* Az idő általános természetének ontológiai vizsgálatához. MFSz 1978. 6. sz. 742-766. old.

[6] *Horváth J. Szigetvári S.:* A filozófia helye és szerepe az élet keletkezésének kutatásában. Magyar Tudomány 1977. 10. sz. 773. old.

[7] *Horváth J.:* A mozgás szaktudományos és filozófiai feltárásának egysége és különbözősége. ELTE Filozófia Tanszék Budapest 1973. 65. old.

[8] Ugyanott, 114. old.

[9] *Horváth J.:* A mozgásformák összefüggése. MFSz 1965. 5. sz. 820. old.

[10] A biológiailag aktív molekulák sajátos felületi „mintázattal" bírnak. A kölcsönhatások e felületek illeszkedése által valósulnak meg. Az illeszkedő felületek egymást kiegészítő, úgynevezett komplementer felületek. Így például a DNS kettős spirálját az adenin a timinnel, a guanin a citozinnal komplementer, vagy az enzimatikus reakciókban az enzimek aktív centruma van der Waals erők által meghatározott „mintázatú" erőtérrel rendelkezik, ami a szubsztrátummal gyenge kölcsönhatások révén pontosan illeszkedik. Így valósul meg a saját-szubsztrátum kiválasztása, ami a sejt anyagcseréjére jellemző szigorú rend egyik alapvető folyamata.

[11] *Horváth J.–Szigetvári S.:* Id. mű. 777-778. old.

[12] *I. T. Frolov:* Filozófia és modern biológia. Kossuth Könyvkiadó 1975. 68. old.

[13] Ugyanott, 114. old

[14] *Ernst J.:* Bevezetés a biofizikába. Akadémiai Kiadó 1967. 205. old.

[15] *I. T. Frolov:* Id. mű. 39. old.

[16] *H. Varró R.:* Dialektika az élő természetben. Kossuth Könyvkiadó 1974. 118-119. old.

[17] *Horváth J.:* A mozgás szaktudományos és filozófiai feltárásának egysége és különbözősége. ELTE Filozófia Tanszék Budapest 1973. 67. old.

[18] *Maróti Imre:* A struktúra - az élőlényeket alkotó elemek kivételesen rendezett irányú viszonya. Tájékoztató 1967. 5. sz. 56. old.

[19] *Bruckner Gy.:* Szerveskémia. (I/2) Tankönyvkiadó 1974. 947. old.
[20] *Csányi Vilmos:* Sejtbiológia. Gondolat 1976. 205. old.
[21] Lásd ugyanott, 125. old.
[22] *I. T. Frolov:* Id. mű. 294. old.
[23] *Csányi V.:* Id. mű. 294. old.
[24] *I. T. Frolov:* Id. mű. 125. old.
[25] *Csányi V.:* Id. mű. 294. old.
[26] *P. K. Anohin:* A feltételes reflex sarkalatos problémáinak módszertani elemzése. Filozófiai problémák a magasabb rendű idegműködés fiziológiájában és a pszichológiában. Akadémiai Kiadó 1965. 215. old.
[27] Ugyanott, 208. old.
[28] Ugyanott, 216-217. old.

SZIGETVÁRI SÁNDOR

A modellezés dialektikája a biológiában

A MODELL

A modellezés az utóbbi két évtizedben rendkívül fontos szerepet játszott a fizika, a kémia, a biológia, a kibernetika és számos műszaki tudomány fejlődésében. Elsősorban ennek köszönhető, hogy a marxista filozófusok előrehaladtak a modellezés mint módszer dialektikus materialista értelmezésének kidolgozásában.

E tanulmány fő célkitűzése, hogy a biológiai objektumok modellezésének dialektikus elveit és a modellezésnek a megismerés fejlődésében elfoglalt helyét körvonalazza, melynek során kísérletet teszek a modellek tipizálására is.[1] Ennek megfelelően sor kerül a modellek és a modellezés sajátosságainak vizsgálatára, *a minőség, a jelenség és a lényeg szintjén.*

„Modellen olyan eszmeileg elképzelt vagy anyagilag realizált rendszert értünk, amely visszatükrözve vagy reprodukálva a kutatás objektumát, képes azt helyettesíteni úgy, hogy tanulmányozása új információt ad az objektumról."[2] Modellezésen tehát az objektumnak modell segítségével történő tanulmányozását, vizsgálatát értjük.[2]

A modell logikai elemzése során állandóan szem előtt kell tartanunk, hogy a modellezés szoros kapcsolatban áll a gondolkodás különböző formáival: a fogalmakkal, az ítéletekkel, a hipotézisekkel és a következtetésekkel. A modellt *tartalmi szempontból elsősorban az analogikus következtetések határozzák meg*, melyek mind az eredeti objektum modellel történő helyettesítése, mind az így kapott kísérleti eredményeknek az eredeti objektumra történő extrapolálása során fontos szerepet játszanak. Ezért jogos annak hangsúlyozása, hogy az *analogikus következtetés logikai struktúrája a modellezés szervező, szabályozó oldala, a modellezés mozzanatainak célirányos folyamatba való szintézise.*[4]

A modell a dialektikus materialista értelmezés szempontjából *tükör-*

képként válik rendkívül fontossá. A modell abban az értelemben tükörkép, amennyiben létrehozásának, felépítésének és alkalmazásának feltétele: az analógia vagy a homomorfizmus (speciális esetben az izomorfizmus). Mivel a fizikai hasonlóság és az analógia a homomorf leképezés részesete, ezért minden modell technikai, logikai és matematikai szempontból az objektum homomorf képét tartalmazza.[5]

A homomorfia, ami akkor áll fenn, amikor két rendszer közül az egyik a másik leegyszerűsített kópiája, tehát alapul szolgál az analogikus következtetések levonásához. Ez fordítva is igaz, ami azt jelenti, hogy két rendszer közötti homomorfizmus megállapítása feltételezi az analogikus következtetéseket. Az A és A' rendszer közötti homomorfizmus ennek megfelelően a következőképpen írható fel: $A(a_1 \ldots a_n) = A'(a'_1, \ldots a'_n)$ ahol A' objektumai az eredeti (A) objektumok megfelelői, vagyis A' az A homomorf képmása, modellje, s mint ilyen az analogikus következtetések megalapozására szolgál.

A homomorfizmusra alapozott analógia nem más, mint a viszonyok analógiája, ami a következő formulával fejezhető ki: $F \vdash \frac{R(a)}{R(b)}$, ahol F – az analogikus következtetés megalapozása; R – a viszony szimbóluma; (a) – a modell szimbóluma; (b) – a prototípus szimbóluma; $R(a)$ – az előzmény (premissza); $R(b)$ – a zárótétel (konklúzió); $\vdash$ – az F-nek az analogikus következtetéshez való viszonyát fejezi ki.

A homomorfizmus a megismerés folyamatában különböző szinteken ragadható meg: a minőség, a jelenség és a lényeg visszatükrözéseként alapozza meg a modellezés folyamatát átfogó analogikus következtetéseket.

A biológiai objektumok modellezése az általános, vagyis a nem-biológiai objektumokra is érvényes vonások mellett sajátos jegyekkel is rendelkezik. Ezek a specifikumok abból származnak, hogy *a biológiai modellezés tárgya az élő struktúra* mint bonyolult dinamikus rendszer, aminek a működését biztosító tényezőit reprodukálni kell. Erre a célra a szerveződés különböző, így a molekula, a sejt, a szerv, a szervrendszer az organizmus, a populáció és a biocönózis szintjein elsősorban a kibernetikai modelleket és az információelmélet matematikai apparátusát használják fel.

Az élő objektumok modellezése során azonban azt is figyelembe kell venni, hogy azok fizikai és kémiai tulajdonságokkal is rendelkeznek. Az élőlények megismerése tehát az alacsonyabb rendű mozgások modelle-

zését is szükségessé teszi, bár ennek megvalósítása önmagában még nem elégséges. Ezért a biológiában a matematikai modellezés problémái másképpen jelentkeznek, mint a fizikában. Míg az utóbbi területen a matematikai modellezés általános fizikai elvekre történő alapozása indokolt, addig ez az eljárás a biológiában csak korlátozott mértékben alkalmazható.

A biológiai modellek specifikuma továbbá az, hogy *a biológiai mozgás sajátszerűségét mesterséges modelleken egyelőre lehetetlen produkálni.* Ezért a biológiai objektumok modellezésében *a természetes modellek játsszák a fontosabb szerepet.* Erre meg is van a lehetőség, hiszen bármely biológiai rendszernek modellje lehet egy másik természetes rendszer.

A biológiai modellezés egyik legfőbb sajátossága, hogy számos lényeges tényezőtől nagymértékben el kell vonatkoztatni, miközben különösen tekintettel kell lenni arra a tényre, hogy a külső környezeti feltételek megváltoztatása döntő mértékben kihat az élőlényekre.

Az itt felsorolt sajátosságokat figyelembe kell venni a biológiai modellek készítése és kísérleti alkalmazása, továbbá az így kapott eredmények értékelése, értelmezése és az eredeti objektumokra történő extrapolálása során.

AZ ÉLŐLÉNYEK MODELLEZÉSE A MINŐSÉG SZINTJÉN

Az élőlények modellezése szinte egykorú a biológiai ismeretek megjelenésével. Természetesen a kezdeti ismeretek még nem tükrözhettek mást, mint *a biológiai objektumok legközvetlenebbül* megfigyelhető vonásait, így például az élőlények színét, alakját, nagyságát stb.

Ezek a megfigyelések még nem tették lehetővé az élőlények összehasonlítását. Erre csak akkor kerülhetett sor, amikor a megfigyelő feltárta *a specifikumban meglevő általános vonásokat – a minőségjegyeket.* Ennek ismerete azonban önmagában nem elegendő a modellezéshez szükséges analogikus következtetések levonásához. Ehhez ugyanis *a minőségjegyek összehasonlítására,* a biológiai objektumokat jól és egyértelműen jellemző minőségskála összeállítására van szükség. Az egyes minőségek ugyanis önmagukban esetlegesnek, egymással szemben pedig külsődlegesnek tűnhetnek. Amíg valamelyik élőlényről csupán azt tudjuk, hogy fehér színű, nem tudjuk eldönteni, hogy ez tipikus vonásnak minősíthető-e?

A kérdés megválaszolására csak akkor kerülhet sor, ha a biológiai objektumot jellemző minőségskálát, ami nem más, mint a tipikus minőség jegyek összessége, feltártuk. A minőségskálára jellemző, hogy zárt, aminek mélyebben fekvő, mégpedig a lényeg szintjén meghúzódó alapja van.

Az előbbi szempontok figyelembevételével a minőségskála alapján történő biológiai modellezés a következő sémával fejezhető ki:

B_m és M_m tárgyak a_m, b_m, c_m, minőségjegyekkel rendelkeznek
M_m tárgynak d_m minőségjegye is van

Valószínű, hogy B_m tárgynak is van d_m minősége

A fenti sémában a következő jelöléseket használjuk: B_m – a biológiai objektum a minőség szintjén; M_m – a modell a minőség szintjén; d_m – a megkülönböztető jegy, a_m, b_m, c_m, – minőségjegyek, melyek összessége a minőségskála.

A modern biológia már túljutott a minőségjegyek összehasonlításán alapuló modellek felhasználásán. A biológia történetében azonban volt egy olyan periódus, amikor még sem az életjelenségek, sem az ezekre jellemző lényegi összefüggések ismeretére nem támaszkodhatott a megfigyelő. Erről tanúskodnak Arisztotelész biológiai ismeretei, aki gondosan megfigyelte az állatok küllemét, szokásait, melynek során kb. 500-féle állatot különböztetett meg minőségi sajátosságaik figyelembevételével. Így például az állatokat a mozgás típusa és a végtagok minősége, továbbá a vér színe szerint különböztette meg és rendszerezte.

Arisztotelész korában még nem beszélhetünk a modellezés kialakult módszertanáról. Arról azonban nem szabad megfeledkezni, hogy elsőként Arisztotelész foglalkozott az analogikus következtetések problematikájával, ami – ahogy arra már rámutattunk – a modellezés kulcskérdései közé tartozik. Ez a magyarázata annak, hogy Arisztotelész egyes „modelljei" olyan eredményekhez vezettek, amelyek kétezer évvel megelőzték korát. Így például a delfint mint biológiai objektumot a szárazföldi, melegvérű állatokkal hasonlította össze, amelyek a delfin természetes modelljeként szerepeltek. Csak így juthatott arra a helyes megállapításra, hogy a delfin nem tengeri hal, hanem szárazföldi állat.

A kutató a minőségjegyek hasonlóságán alapuló biológiai modell segítségével az eredeti objektumra vonatkozóan csupán megközelítő eredményeket kap. Az eredmények megbízhatóságát az növeli, ha a teljes

minőségskálát sikerül bevonni a modellezésbe, mivel a minőségskála zártságát (minőségjegyek népes számát) végső soron az élőlény belső természete, lényege határozza meg. Ezt a kapcsolatot azonban a biológiai megismerés kezdeti szakaszában még nem ismerték fel.

Éppen ezért a biológiai megismerés kezdetekor az objektumok minőségjegyeinek ismeretére támaszkodott a „modellezés". Azonban a közvetlen megfigyelés és az érzékelés nyújtotta ismeretek szintjén is felmerült a közvetlen észlelés számára hozzáférhetetlen minőségjegyek feltárásának szükségessége, így például a különböző növények gyógyító hatásának mélyebb ismerete a gyakorlat számára egyre szükségesebbé vált. Ezért a gyógyfüvek gyűjtése során a múltbeli megfigyeléseket (a modell minőségjegyeinek ismerete alapján) össze kellett vetni a jelenben gyűjtött növények minőségjegyeivel. A hasonlóságok alapján meg lehetett állapítani, hogy melyek alkalmasak és melyek nem alkalmasak bizonyos betegségek gyógyítására. Az ókorban Dioszkoridész Pedaniosz görög orvos (i. sz. I. század), aki a hódító római hadseregben szolgált, kiadta Theophrasztosz botanikai munkáját, melyben hatszáz növényfajt ismertetett. Külön figyelmet szentelt gyógyító tulajdonságaiknak, ezért a gyógyszertan megalapítójaként tartják számon.[6]

A biológia története azt igazolja, hogy már a minőségjegyek ismeretére támaszkodva lehetségessé vált az úgynevezett ösztönös modellezés. Arisztotelész és Theophrasztosz az élőlényeket a közvetlenül megfigyelhető, külsődleges vonások segítségével hasonlították össze. A modellezésnek ezt a típusát a mindennapi gyakorlat során jelentkező problémák megoldásának szükségessége hívta életre. A modellezés eme kezdeti szakaszát a természetes anyagi modellek ösztönös felhasználása és az eszmei modellek alárendelt szerepe jellemzi, ami a modellezésben felhasznált minőségjegyek érzékletes jellegével függ össze.[7]

Az élőlények minőségjegyeinek alaposabb megismerése és az ismereteknek az ösztönös modellezésben való felhasználása ugyanis hasznos volt az emberek hétköznapi tevékenysége szempontjából. *A modellezés szóban forgó típusának az a legfőbb jellemzője, hogy a gyakorlat számára fontos minőségskála megismerését a jelenség, továbbá a lényegi összefüggések szintjén már nem tette lehetővé.*

A minőségskála zártságára alapozott modell már bizonyos mértékben utal az eredeti objektum *általánosabb tulajdonságaira* is, melyeket a tapasztalás segítségével tudunk megismerni. *A jelenség – a minőségjegyek általánosítása, s mint ilyen, a lényeg látszása.*

Az élőlényeket – a minőségjegyekkel szemben – az életjelenségek már megkülönböztetik az élettelen tárgyaktól, ami a lényeg közelségére utal. Bizonyos életjelenségek, így például a születés, az ingerlékenység, a szaporodás stb. az individuumok életében nyilvánulnak meg. Ezzel szemben vannak olyan életjelenségek – például az öröklődés –, amelyek megnyilvánulására több, egymás után következő generációra van szükség.

A „jelenség szintjén" azoknak a vonásoknak az összességét értjük, amelyek az élő szervezet struktúráját jellemzik, s amelyeket a morfológia vizsgál. Ez egyben azt is jelenti, hogy a jelenség szintjén történő vizsgálódás során a modellezéshez szükséges izomorfia, homomorfia, analógia megvonásához különbözőképpen húzzuk meg a határokat.

A jelenség szintjén történő vizsgálódás szempontjából az első jelentős tudománytörténeti lépésnek Andreas Vesaliusnak „De Corporis Humani Fabrica" c., 1543-ban megjelent munkája tekinthető, ami az emberi test első pontos anatómiai leírását tartalmazza, továbbá William Harvey „Exercitatio de Motu Cordis et Sanguinis" c. műve, amit a szív és a vér mozgásáról írt. A megfigyelés tökéletesítése és pontosítása szempontjából pedig első helyen a mikroszkóp felfedezését kell megemlíteni.

A XVII–XVIII. század legjelentősebb természetkutatói már arra törekedtek, hogy a különböző élőlényeket *morfológiai hasonlóságaik* alapján rendszerezzék. Ennek során John Ray 18 600, Karl von Linné pedig már 70 000 fajt írt le.

A fajok rendszerezése vetette fel a fajok közötti rokonság és az egymásból való leszármazás gondolatát, amelynek végleges elméleti kifejtéséig a természetes anyagi modellek rendkívül fontos szerepet játszottak. Darwin szigorúan a természettudományos tényekhez ragaszkodva jutott el az élővilág evolúciójának felismeréséhez, amiben a modellek döntő szerepet játszottak.

Az élőlények jelenség szintű modellezésében jelentős szerepet töltöttek be *a képmodellek*. A reneszánsz idején, miközben a művészek a természet minél tökéletesebb utánzására törekedtek, műkedvelő anatómusokká váltak. Ezen ma már nem is csodálkozunk, hiszen ahhoz, hogy az ember

ábrázolása a valóságnak megfeleljen, a festőknek és a szobrászoknak az izomzat és a csontrendszer felépítését is tanulmányozni kellett. Leonardo da Vinci embert, állatot egyaránt boncolt, melynek alapján kiváló rajzokat (képmodelleket) készített a látottakról. Ily módon munkásságában az *analógia* módszere fontos szerepet játszott, amit új ismeretek szerzésére igyekezett felhasználni. Foglalkozott egy olyan gép elkészítésének a gondolatával, amely az ember számára a repülést lehetővé teszi. Ezért figyelmesen tanulmányozta a madarak repülését, rajzokat, modelleket készített róluk.

A XVII. században a *mechanikai modellek* segítségével kapott ismeretek óriási előrehaladást jelentettek az élőlények jelenség szintű vizsgálatában. Így például William Harvey angol orvos, a vérkeringés mibenlétének megértésében kortársainál előbbre jutott, miután a szív működését szivattyú felhasználásával modellezte. Számítása, amely szerint a szív egy óra alatt az ember súlyának háromszorosát gyűjti össze és löki ki, a matematika első jelentős alkalmazásának tekinthető a biológiában.

Giovani Alfonso Borelli ugyancsak eredményesen alkalmazta a mechanikai modellt, aminek segítségével az izom működésének vizsgálata során abból indult ki, hogy az izom és a csont együttvéve emelő rendszert alkot. Megállapította, hogy a fából készült emelőkre érvényes törvények pontosan illettek a csontból és az izomból álló emelőkre.

Még ennél is nagyobb mértékben szolgálta az élővilág megismerését annak a *természetes anyagi modellnek* az alkalmazása, amely Darwin nevéhez fűződik és aminek segítségével a mesterséges kiválogatódásra vonatkozó ismereteit természetes körülményekre alkalmazta. Ennek során a galambokat modellként használta fel. Asimov erről így ír: „Galambokat tenyésztett, hogy tanulmányozza a mesterséges kiválogatódás hatásait, és így személyes tapasztalatot szerzett a háziállatok szokatlan változatainak nemesítése terén. Láthatta, hogy a fiókák mindegyik csoportjában, egymástól nagyságban, színben és képességekben, véletlenszerűen különböző változatok vannak. E különbségeket fel lehetett használni arra, hogy az egyik változatot tudatosan kitenyésszék, s ugyanakkor a másikat visszaszorítsák."[8]

Ugyancsak hasznos természetes anyagi modellnek bizonyult a szövetek felépítése, amelyet át lehetett vinni az állatok felépítésének tanulmányozására is. Matthias Jakob Schleiden német botanikus a növények sejtes felépítésének hipotézisét bizonyította be, majd az ezt követő évben Theodor Schwann német fiziológus kimutatta, hogy a növényi és az állati szervezet hasonló felépítésű.

Összefoglalóan azt állapíthatjuk meg, hogy a természettudományok, így a biológia fejlődésének előrehaladása során egyre inkább az élőlények jelenség szintű tanulmányozása került előtérbe. Ennek során új vizsgálati módszerek és eljárások kerültek felhasználásra, amelyek között egyre fontosabb szerepet játszott az összehasonlítás, az analógia. Ezzel párhuzamosan a biológiai modellezés különösen két területen bontakozott ki: az élővilág rendszerezésében és az őslénytanban.

Az élőlények jelenség szintű modelljét a következő formában írhatjuk fel:

B_j és M_j tárgyak a_j, b_j, c_j morfológiai tulajdonságokkal rendelkeznek
M_j tárgyon a meglevőkhöz d_j tulajdonság járul

Valószínű, hogy B_j tárgynak is van d_j tulajdonsága

Ebben a sémában B_j – a biológiai objektumot jelöli a jelenség szintjén; M_j – az élőlény jelenség szintű modellje; a_j b_j, c_j a morfológiai tulajdonságok szimbóluma. A morfológiai tulajdonságokat úgynevezett *reflexiós jegyeknek tekintjük annak megfelelően, hogy bennük az élőlény lényege jut érvényre.*

A minőség és a jelenség tükrözésén alapuló modellek között az alábbi különbségek állnak fenn:

Amíg a minőségjegy megjelenése egybeesik az anyagi hordozó létével (például a vér vörös színe a hemoglobin létével), addig egy bizonyos *életjelenséggel szorosan összefüggő tulajdonságok meg nem nyilvánulása a biológiai objektum létezésén nem változtat* (például attól, hogy az állat éhségét már lecsillapította, tehát pillanatnyilag nem eszik, még táplálkozó lénynek tekintendő abban az értelemben, hogy az emésztés folyamatosan és külsőleg láthatatlanul játszódik le.)

További lényeges különbség, hogy a *jelenséggel szorosan összefüggő tulajdonság az élőlények esetében valaminek a birtoklása, egy olyan állapot, ami mindig valamivel szoros összefüggésben jelentkezik.* A minőségjegy, így például a vér vörös színe nem csupán adott vonatkozásban tekinthető vörösnek, hanem minden vonatkozásban. A jelenséggel szorosan összefüggő tulajdonság viszont csak egy bizonyos vonatkozásban létezik, így például az élőlény adott vonatkozásban egészséges, illetve beteg. Ezekre a tulajdonságokra alapvetően az jellemző, hogy nagymértékben függenek a külső körülményektől, és mindegyiküknek megvan az ellentettje. Így például az állatok esetében az éhség feltételezi a jóllakottságot, az egészség a betegséget stb.

A formális logika a minőségjegyeket és a jelenségekkel összefüggő tulajdonságokat ugyanabban a formában fejezi ki: $F \vdash \frac{P(a)}{P'(b)}$, ahol F – az analogikus következtetés megalapozása; (a) – a modell szimbóluma; (b) – az eredeti objektum megjelölése, P' – a modellről az eredeti objektumra átvitt tulajdonság jele; $P(a)$ – az előzmény, $P'(b)$ – a zárótétel, $\vdash$ – az analogikus következtetés megalapozásának viszonya a zárótételhez. Ez az általános formula tehát valamennyi eddig tárgyalt modellünkre érvényes, de ezek specifikumát nem fejezi ki.

A jelenségek közötti hasonlóságra alapozott modell segítségével kapott új ismeret igazságának megalapozottsága a *valószínűség* egy meghatározott fokán áll, ami magasabb, mint a minőségjegyekre alapozott modell esetében. Ennek az eltérésnek az oka a minőségjegy és a tulajdonság tartalmi különbségében keresendő. A jelenségek hasonlóságára alapozott modell annál nagyobb valószínűségű eredményt ad, minél szorosabb és egyértelműbb a biológiai objektumok és az azokra jellemző tulajdonságok egymáshoz rendelése. Darwinnak is csak ily módon sikerült a természetes kiválogatódásra jellemző törvényszerűségek feltárása, amelyek a faj egyedei közötti nagyszámú különbségekben, a környezeti feltételek változásában, az ezekhez való alkalmazkodásban, az utódok elszaporodásában, a kevésbé életképesek kihalásában és az öröklődésben egyaránt érvényre jutnak. Ezek a jelenségek a biológiai objektumokhoz, a fajokhoz és egymáshoz is rendkívül szorosan kapcsolódnak. A Darwin által alkalmazott modell azonban még csupán a jelenségek szintjén volt képes az analógiák vizsgálatára, miután a genetikai változékonyság természetét és eredetét csak később tárták fel. Mivel a konkrét tulajdonságok egymástól is és az őket hordozó objektumtól is elválaszthatók, az analógiára épülő modell szükségképpen nem térhet el ettől. Tekintettel kell lenni arra, hogy a jelenség a lényeg kifejtett *látszása*. Ebben az esetben a modellezés útján kapott ismeretek megbízhatóak, ellenkező esetben az eredeti objektumra történő extrapoláció csak szigorú határok között valósítható meg. Erre tekintettel kell lenni a biológiai modellezés során. Így például ismeretes, hogy a reproduktív izoláció nem von maga után ekvivalens morfológiai változásokat, vagyis nem minden esetben követi új faj kialakulása. Fordított helyzet is előállhat, amikor a morfológiai differenciálódást nem kíséri reproduktív izoláció. Ez utóbbi abban az esetben következik be, amikor az izolált populációkban az izoláló mechanizmusok érvényesülése erősen elmarad a morfológiai divergenciától.[9]

A szóban forgó modellek logikai felépítése során figyelembe kell venni, hogy a modellezett tulajdonságok csak meghatározott vonatkozásban léteznek. Ennek megfelelően például a Pteranodon (kihalt repülő sárkánygyík) földre szállásának modellezése során figyelembe veszik a földet érés körülményeit, a szárnytartás szögét stb. Amikor a ma élő növények környezeti igényeit a paleontológusok visszavetítik az ősökre, különösen azok a növények használhatók fel, amelyek speciális feltételekhez speciális módon alkalmazkodnak. Ezeknek a modelleknek a létrehozásához az élőlények tulajdonságai és a külső környezet közötti összefüggés feltárására van döntő módon szükség. Ez nem könnyű feladat, hiszen a környezeti tényezőkre vonatkozóan pontos, számszerű adatokkal nem rendelkezünk. Ezt a problémát úgy próbálják áthidalni, hogy a fosszilia morfológiai tulajdonságaiból következtetnek a funkcióra. Ez a módszer a forma és a környezeti feltételek tökéletes összhangját feltételezi. Így például bizonyos növényi fosszíliákon légrések találhatók, ami differenciált és fejlett szállítórendszer kialakulásával kapcsolatos. Ez utóbbi a szárazföldi életmód egyenes következménye.[10]

A kutató a jelenségeket az empirikus tevékenység során ismeri meg, melynek során a „miértre" nem kaphat választ, hiszen a törvényszerűségek ezen a szinten nem tárulnak fel. A megismerés előrehaladása során, a teoretikus gondolkodás szintjén azonban ezekre is fény derül a lényegi hasonlóságra épülő modellek segítségével.

AZ ÉLŐLÉNYEK MODELLEZÉSE A LÉNYEG SZINTJÉN

A lényeg feltárása – a fogalmak, az ítéletek, a következtetések együttesén keresztül – aktív gondolati munka eredménye. Ebben a folyamatban is az analogikus következtetés az összefogó, meghatározó logikai művelet.

A dialektikus materializmus elismeri az anyagi világ tárgyainak objektív lényegét, ami a jelenségeket meghatározza. Azt vallja, hogy a lényeg feltárását – objektív tagolódásának megfelelően – különböző fokozatokra lehet bontani. Ennek megfelelően a lényeg lehet kevésbé mélyen vagy mélyebben fekvő. A megismerés „a jelenségektől a lényeghez és a kevésbé mély lényegtől a mélyebbhez" halad.[11]

A pozitivizmusra, az empirizmusra, a pragmatizmusra a lényeg objektivitásának tagadása jellemző, jóllehet a nominális lényeget, a név jelenté-

sét, az osztályok megnevezését a tudományos gondolkodás számára fontosnak tartják. Ezzel szemben a dialektikus materializmus a lényeget az anyagi tárgyak objektív összefüggésének tekinti, ami a megismerés folyamán fokozatosan tárul fel, s válik egyre pontosabbá és teljesebbé.

A tudományok története igazolja, hogy a lényegnek a jelenségtől való különválasztása a tudományos gondolkodásban elkerülhetetlen. Ez a modellezés fejlődése szempontjából is rendkívül jelentős. A lényeg ismerete, s ezzel együtt maga a modellezés is akkor válik teljessé, amikor a modellben az objektumok különböző vonatkozásokban megnyilvánuló természete tükröződik vissza. Ugyanis nem mindegy, hogy milyen lényeges vonatkozásokban sikerül az eredeti objektum és a modell közötti analógiát megvonni. A logikai irodalomban a lényeges összefüggések között megkülönböztetnek olyanokat, amelyek csak *egy adott vonatkozásban*, továbbá olyanokat, amelyek minden más vonatkozásban is lényegesek.[12]

A dialektikus logikai vizsgálatok arra mutatnak rá, hogy a lényeg a megismerés folyamán fokozatosan tárul fel: először az *elvont – egyszerű nem* tükröződik vissza, majd konkretizálódik, és differentia specifikává teljesedik ki. Ily módon válik közvetlenné a logikai nem és faj viszonya. A dialektikus logika a lényeget tagolva, különbséget tesz *a legközelebbi és a távolabbi nem* között és megállapítja, hogy a faj igazi nemfogalma: a legközelebbi nem. Megállapítja, hogy igazi szükségszerűség a faj és a legközelebbi nem között áll fenn, azaz kölcsönösen érvényesül, míg a távolabbi nem és a faj esetében a szükségszerűség pusztán az egyik oldalról mutatható ki. A lényeg megismerése végül a fejlődés folyamatának feltárásához vezet el. Ez különösen a biológiai objektumok természetének megértésében van segítségünkre, mert ehhez hozzátartozik annak ismerete is, hogy az élőlény miből fejlődött ki és mivé alakul át.

A lényeg modellezése az objektum lényeges vonásaira, azok összefüggéseire támaszkodik, amit általános formában a következőképpen fejezhetünk ki:

B_l, M_l tárgyaknak a_l, b_l, c_l lényeges tulajdonsága van
M_l tárgy rendelkezik d_l lényeges tulajdonsággal

Valószínű, hogy B_l tárgynak is van d_l lényeges tulajdonsága

Ebben a formulában B_l – a biológiai objektumot jelöli a lényeg szintjén; M_l – a biológiai objektum lényegének, illetve egy-egy oldalának a modellje; a_l, b_l, c_l, d_l – a lényeges tulajdonságok megjelölése.

A lényeges hasonlóságokon alapuló modellek a biológiai megismerést jelentős mértékben előmozdították. A genetika története is ezt tanúsítja, hiszen Morgan kutatómunkája már a lényeges összefüggések feltárására irányult, amikor a Drosophila melagonasteren (muslinca) végezte kísérleteit. Ennek *az anyagi modellnek* a mintegy 12 napos nemzedékváltása nemcsak a kísérletek és a megfigyelések nagy számát biztosította rövid idő alatt, hanem az öröklődés lényegét tükröző mozgás figyelemmel kísérését is lehetővé tette. Miközben Morgan a muslincák szemszínének változását tanulmányozta, a hasadási arányokból és e genetikus jelleg nemek közötti megoszlásából kiindulva összefüggést tárt fel a szem színének változása és az ivari meghatározottság között. Mikroszkópos vizsgálattal megállapította, hogy a megfigyelt egyedek 4 pár kromoszómájából eltérés csak a negyedik párnál mutatkozik. Végül is a nemi kromoszómák felfedezése, továbbá a szem színének a nemtől függő öröklődése szolgált bizonyítékul arra, hogy a szem színét meghatározó gén a kromoszómákban keresendő.

A biológiában felhasználásra került és a lényegi kapcsolatokra alapozó modellek közül kiemelkedik *a DNS szerkezeti modelljének* a megalkotása. 1953-ban Watson és Crick az idevonatkozó eredmények felhasználásával létrehozták a DNS kettős spirál szerkezeti modelljét.[13] Watson és Crick ennek a modellnek a segítségével négy alapvető kérdésre adott választ: *a)* tisztázták a genetikai anyag molekuláris szerkezetét, *b)* megállapították a gén duplikációjának egyedüli, úgynevezett szemikonzervatív módját, *c)* magyarázatot adtak a mutáció molekuláris mechanizmusára (rámutattak a tautomer eltolódások szerepére a spontán mutációk kialakulásában) *d)* a bázisok sorrendjében mutatkozó nagyfokú varianciában felismerték a genetikai információ tárolásának lehetőségét.[14]

A biológiai modelleket a lényeg szintjén az jellemzi, hogy alkalmazásuk során felhasználást nyernek a fizika, a kémia, a matematika, a kibernetika és az információelmélet módszerei.[15] Sőt éppen a modellezés teszi lehetővé e módszereknek a biológiában való felhasználását. Így például a genetikai folyamatok kibernetikai modellezésének eredményei a sejten belüli folyamatok molekuláris szinten történő fizikai és kémiai vizsgálatával, konkrétabban a DNS molekula genetikus funkciójára és a fehérjeszintézis mechanizmusára vonatkozó kutatásokkal függenek össze.

A modellezés, ami a biológiai kutatás önálló módszere, elválaszthatatlan a biológiai fogalmak, ítéletek, következtetések és elméletek fejlődésétől. Ez utóbbiak ugyanis jelentős mértékben meghatározzák a biológiai modellek fejlettségi szintjét, ugyanakkor a modellezés útján kapott új ismeretek hozzájárulnak a biológiai megismerésben részt vevő gondolko-

dási formák, eszközök fejlődéséhez. A DNS fogalma a Watson–Crick-féle szerkezeti modell megalkotása előtt lényeges ismertetőjegyeit tekintve szegényesebb volt. Ennek megfelelően más-más következtetések levonását tették lehetővé ezek a fogalmak. A DNS Astbury-féle, 1938-ból származó kristályszerkezeti képének felhasználásával még nem lehetett eljutni olyan alaposabb szerkezeti következtetésekre, mint ahogy ezt Watson és Crick modelljének kísérletileg alátámasztott hipotézisei lehetővé tették például a reduplikációs mechanizmusra vonatkozólag.

A biológiai modellezésben a lényeg szintjén kiteljesedve érvényesülnek a dialektikus materializmus alapelvei. A modell létrehozásával az objektum dialektikus tagadása jön létre, amelynek feloldását az eredeti objektum és a szubjektum közötti alapvető ellentmondás megoldása teszi szükségessé. A Watson- és Crick-féle modell dialektikusan tagadja az objektum – vagyis a DNS kettős spirál szerkezetét. Különbözik tőle, amennyiben helyettesíthető objektum. A cél: a hasonlóság – adott esetben a kettős spirálszerkezet feltárása. A modell elkészítését az objektum–szubjektum ellentmondása – a DNS-szerkezet feltáratlan volta – tette szükségessé.

A biológiai modellezés vizsgálata azt mutatja, hogy a modell elkészítése újabb ellentmondásokat hoz létre. Watson és Crick a DNS modelljét hipotetikus módon, azaz a tudás és a nemtudás egysége alapján öntötte formába, ezért az elméleti úton belőle származó következtetéseket később kísérletileg igazolni kellett. A modell felépítése azonban *a modell és az eredeti objektum* közötti ellentmondást is létrehozta. Ily módon tehát *a)* az objektum és a szubjektum *b)* a modell és a szubjektum, továbbá *c)* a modell és az eredeti objektum relációjában jött létre ellentmondás. Ezeket az eredeti objektum és a szubjektum ellentmondásának feloldására való törekvés szülte, adott esetben az, hogy Watson és Crick nem ismerték a DNS-molekula szerkezetét, holott erre az ismeretre a biológia fejlődésének ebben a szakaszában szükség volt.

A szubjektum és a modell közötti ellentmondás – belső ellentmondás, aminek felszámolásától függ az összes többi ellentmondás megoldódása is. Tanulmányunkban arra irányítottuk a figyelmet, hogy ez az ellentmondás fokozatosan – a minőség, a jelenség és a lényeg szintjeinek megfelelő modellek fejlődése során keresztül – oldódik fel.

A szubjektum és a modell közötti ellentmondás megoldódása –, a lényegi összefüggések feltárása azonban nem jelenti az eredeti objektum és a szubjektum közötti ellentmondás végleges megoldását. Ez továbbra is viszonylagos marad olyan formában, ami kedvezőbb helyzetet teremt az eredeti objektum még mélyebb szintű tanulmányozásához.[16]

A biológiai modellezésben a megismerés fejlődésének megfelelően érvényesül *a tagadás tagadásának törvénye*. A kiinduló *objektum–szubjektum* ellentmondást a *modell–szubjektum* ellentmondás, ez utóbbit pedig az eredeti ellentmondáshoz magasabb fokon visszatérve az *objektum'–szubjektum'* ellentmondás tagadja.

Objektum Szubjektum	ellentmondás – tézis
Modell Szubjektum	ellentmondás – antitézis
Objektum' Szubjektum'	ellentmondás – szintézis

Watson és Crick modellje tagadja az objektumról – a DNS-ről – kialakított korábbi nézeteket. Ugyanakkor mindkettőt tagadja a modellezés segítségével az objektumról kapott ismeret.

Összefoglalva: az élővilágnak, illetve az élővilág valamely részének a megismerésében – az objektum–szubjektum ellentmondásának feloldásában – rendkívül fontos szerepet játszanak a helyettesítő objektumok, amikor az eredeti objektum közvetlenül nem vizsgálható. Ezzel azonban újabb ellentmondások jönnek létre: a szubjektum és a modell, valamint a modell és az eredeti objektum viszonylatában. Ez utóbbinak a minőség, a jelenség és a lényeg szintjén történő megoldása vezet el bennünket az élőlények mind mélyebb szintű megismeréséhez.

JEGYZETEK

[1] E tanulmányban a modellezés *dialektikus materialista* értelmezése során elsősorban *V. Stoff:* Modell és filozófia. Kossuth Könyvkiadó 1973., valamint *Kocsondi A.:* Modell – módszer (A modellek helye és szerepe a tudományos megismerésben). Akadémiai Kiadó 1974. c. munkákra támaszkodom.

A Fogarasi budapesti logikai iskola. de különösen Erdei László, valamint az eddig elért saját kutatási eredményeim arra bátorítottak, hogy a gondolkodási formák különböző szinteken végzett vizsgálati eredményeit kiterjesszem a modellezés módszertanának fejlődésére is.

[2] *V. Stoff:* Id. mű. 32. old.

[3] *N. I. Kondakov:* Logicseszkij szlovár. Moszkva 1971. 312. old.

[4] *E. A. Homenko:* Logika. Moszkva 1976. 163. old.
[5] *V. Stoff:* Id. mű. 197. old.
[6] *I. Asimov:* A biológia rövid története. Gondolat 1972. 20. old.
[7] *I. B. Novik–A. I. Ujomov:* Mogyelirovanyije i analogija. Matyerialisztyicseszkaja gyialektyika i metódi jesztyesztvennih nauk. Moszkva 1968. 281. old.
[8] *I. Asimov:* Id. mű. 98. old.
[9] *V. Grant:* The Plant Species in Theory Practice. Amer. Asoc. Adv. Sci. Publ. No. 50. 39–80. p.
[10] *Géczy Barnabás:* Ősnövénytan. Tankönyvkiadó 1972. 199. old.
[11] LÖM 29. köt. Kossuth Könyvkiadó 1972. 183. old.
[12] J. A. Petrov ennek megfelelően viszonylagos és nem-viszonylagos ismertetőjegyeket (*J. A. Petrov:* Logicseszkaja funkcija katyegoriji gyialektyiki. Moszkva 1972. 157. old.), J. K. Vojsvillo pedig relatív és abszolút ismertetőjegyeket különböztet meg egymástól (*J. K. Vojsvillo:* A fogalom. Gondolat 1978. 231. old.).
[13] E modellezés végeredményét a „Nature" c. folyóiratban megjelent dolgozat a következőképpen foglalta össze: „Javaslatot teszünk a dezoxiribonukleinsav szerkezetére. Ez a szerkezet két spirális láncból áll. Mindegyikük egyetlen tengely körül csavarodik fel. Mindkét lánc jobbra forgó spirál, de az atomok a két láncban ellentétes irányban haladnak. A két láncot purin- és pirimidin bázisok kapcsolják egybe A bázisok síkja merőleges a fonal tengelyére. A bázisok párokban kapcsolódnak össze oly módon, hogy az egyik lánc bázisa hidrogénhíddal kötődik a másik lánc bázisához. A pár egyik tagjának purinnak, a másiknak pirimidinnek kell lennie ahhoz, hogy a kapcsolódás kialakulhasson . . . A bázisok sorrendjét egyetlen fonalon sem köti semmi . . . A feltételezett specifikus párosodás a genetikai anyag lehetséges másoló mechanizmusára utal."
[14] *Szende Kálmán:* A gén nyomában. Natura, 1977. 93 94. old.
[15] *I. T. Frolov:* Filozófia és modern biológia. Kossuth Könyvkiadó 1975. 112. old.
[16] *Szende Kálmán:* Id. mű. 118–119. old.

ÁDÁM GYÖRGY

A belső környezet érzékelésének ismeretelméleti vonatkozásai

A BELSŐ KÖRNYEZET FOGALMA

A marxista filozófiának, különösképpen az ismeretelméletnek egyik sarkalatos kérdésköre a szervezet és a külvilág viszonya, közelebbről az agyvelő és a tőle függetlenül létező környezet kapcsolata. A pszicho-fiziológus számára, aki az agyi tükrözés marxi–lenini elméletét kutatásainak alapjaként tekinti, a környezet és az idegrendszer relációjának törvényei döntő jelentőségűek, az újabb kutatások nyomán ugyanis egyre világosabb, hogy az agyvelő evolúcióját, az agyi funkciók differenciálódását a befutó külvilági információk, vagyis az érzékelő apparátus jelzései határozzák meg.

Az ismeretelmélet azonban mind a mai napig kevéssé számol azzal a ténnyel, hogy a „külvilág", vagy a „környezet" fogalma alatt a fiziológus tulajdonképpen nem csupán a szervezetet körülvevő *külső* környezetet érti, hanem az organizmus sejtjeit és sejtcsoportjait közvetlenül körülvevő folyadékot (újabban, tágabban az összes belső szerveket), melyet *Claude Bernard* francia fiziológus nyomán találóan nevezünk *belső* környezetnek. *Bernard* szerint a szervezetnek a kültakaró alatti folyadékterei a tulajdonképpeni „*milieu intérieur*"-t képezik, ebben fürdenek a szervek sejtjei, e belső miliő a szabad és a körülményektől viszonylag független állati élet feltétele. 1865-ben így ír: „Az állatoknak valójában két környezetük van: egy külső miliő... és egy belső miliő, melyben a szöveti elemek élnek. Az élő szervezet valójában nem a külső környezetben él, hanem a belső miliő folyadékában, melyet a szöveteket körülvevő és fürdető szerves keringő testnedvek képeznek... Ez a belső miliő nem változik, a légköri ingadozások nem képesek berkeibe hatolni, ezért biztosan leszögezhető, hogy a magasabb rendű szervezetek belső környezetének élettani viszonyai állandók... A szervezet egyfajta melegházban él... szabad és

független marad. Minden élettani mechanizmus célja ezen belső milió állandó életfeltételeinek biztosítása."[1]

A mai szabályozás-élettan teljes mértékben Bernard belső környezet-elv bizonyítékain alapul anélkül, hogy frappáns és szemléletes fenti megfogalmazását szó szerint értenénk. Hiszen minden külső környezeti változás (hő, kémiai stb.) *módosítja* a belső környezetet képező testfolyadékok (vér, szöveti nedvek stb.) állandóságát, hogy aztán a *Cannon* által megfogalmazott homeosztatikus szabályozó hatások helyreállítsák a konstans belső viszonyokat. Bár már kortársai – így a neves orosz fiziológus, *Szecsenov* is – bírálták *Bernard*-t a „milieu intérieur" elmélet állítólagos abszolutizálásáért, főművéből más helyen kiderül, hogy ma is elfogadható, dialektikus kölcsönhatást vallott magáénak a külső és a belső életfeltételek viszonyáról: „Az élethez szükséges feltételek egymagukban sem a szervezetben, sem a külső környezetben nem lelhetők fel, hanem egyszerre mindkettőben. Valójában, ha a szervezetet megzavarjuk, vagy elfojtjuk, az élet változatlan külső körülmények esetén is megszűnik; más részről, ha azt megfosztjuk környezetétől, az élet hasonlóképpen teljesen megszűnik, pedig a szervezetet nem pusztítottuk el... Következésképpen, az élet a szervezetnek a környezetével való kontaktusából ered; nem tudjuk sem egyedül az organizmus, sem egyedül a környezet oldaláról megérteni."[2]

Claude Bernard eredeti elmélete óta a belső környezetfogalom meghonosodott az élettani tudományokban, de nagymértékben módosult is egyúttal. Már *Sherrington* idejében a kültakaró alatti *teljes* szerv- és szövetállományt ennek részeként tekintették: a belső környezet teljes „bőralatti" területéről eredő érzékelő receptor-apparátust *interoceptoroknak* nevezték.[3] E fogalom a zsigerek, izmok és inak felvevőkészülékeit is magában foglalja. Ily módon manapság az egész kültakarón belüli üregesszervrendszert, folyadék-teret, valamint ideg-, izomállományt belső környezetként tekinthetjük, bár e meghatározás nem mentes következetlenségektől. A tápcsatorna ugyanis felül (a szájnyílásnál) és alul (a végbélnél) nyitott cső, voltaképpen a szervezetbe betüremkedett külvilágnak is tekinthető. Erre utal a nyílások közelében a harántcsíkolt izomzat, a dús baktériumflóra stb. Nem tudjuk tehát megszabni a belső környezet határát a tápcsatorna esetében, de ugyanezzel a nehézséggel küzdünk a légzőrendszer vonatkozásában is stb. Mindeme ellentmondások dacára az agyfiziológia mai szemlélete szilárdan támaszkodik a belső környezet homeosztázisának tényére.

Az előzőekben már volt szó a belső miliőből az agyvelő irányába áramló érző impulzusokról, illetve ezen információkat felvevő belsőszervi receptorokról. Érdekes és fontos röviden visszaidéznünk e sajátos ingerfelvevő apparátus felismerésének történelmi útját, valamint e sajátos érző készülékkel kapcsolatos nézetek ellentmondásait. Amilyen gyorsan és természetes módon meghonosodott ugyanis a belső környezet állandóságának gondolatköre a mai fiziológiában, annyira nehezen, következetlenül tört magának utat a belső környezeti receptorokról, a belső érzékelésről való ismeretek szintézise.

Cyon és *Ludwig* több mint egy évszázaddal ezelőtt, 1866-ban tette közzé munkáját a bal szívfélből eredő aorta-ív falából kiinduló depresszor-ideg működéséről,[4] röviddel ezután *Hering* és *Breuer* (1868) leírta a tüdő receptoraiból kiinduló légzési reflexet. A belső szervi afferens működésre vonatkozó több más adat birtokában ez arra indította *Sherringtont*, hogy 40 évvel *Cyon* és *Ludwig* felfedezése után, 1906-ban helyet jelöljön ki az interoceptiv működéseknek az érzékszerv-élettanban. Sajátos jelenség a fiziológia történetében: hetven évvel *Sherrington* munkájának megjelenése után az interocepció tulajdonképpen még ma is alig nyert „polgárjogot" az érzékszervek fiziológiájában. Ha csupán az utóbbi években megjelent fiziológiai és idegélettani tankönyveket, kézikönyveket vesszük figyelembe, kitűnik, hogy az interocepció e munkáknak mintegy a felében nem szerepel külön fejezetként az érzékszervi fejezetek között. Pedig a vérkeringési rendszert, a gyomor-béltraktust, a húgyivarszerveket, a légzőrendszert stb. át- meg átszövő receptorapparátus perifériás működéstörvényeiről az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb számban jelennek meg közlemények az irodalomban. *Csernigovszkij*nak 1960-ban megjelent kitűnő monográfiája[5] például 1500 irodalmi hivatkozást tartalmaz a belsőszervi afferens funkció tárgyköréből.

Egyfelől tehát az interocepcióra vonatkozó nagyszámú publikáció, másfelől a megnyugtató és perspektívákat feltáró szintézis hiánya. Miben rejlik ennek a nyilvánvaló ellentmondásnak az oka? Véleményünk szerint abban, hogy a pszicho-fizikai szemléletmód helytelen alkalmazása folytán még ma sem alakult ki egy valamennyire is egységes álláspont a centrális mechanizmusokra vonatkozóan. Abban a hibás felfogásban, hogy érzékszervi funkcióról csak akkor beszélhetünk, ha a receptorban keletkező ingerület pszichológiai értelemben vett tudatos érzékletet kelt.

Nem kétséges, hogy a múlt század végén és századunk első évtizedeiben a pszicho-fizikai módszerrel végzett kutatások teremtették meg a modern érzékszerv-élettant. A külvilág ingereinek fizikai jellemzői és a szubjektív érzékletek közötti összefüggések feltárása a maga idejében döntő fontosságú megközelítésmódnak bizonyult, az érzékszerv-kutatásban még ma is alkalmazható: bizonyos speciális célokból mi is sikerrel használjuk. Hiszen a belsőszervi érző apparátusnak is megvan a maga sajátos pszicho-fizikája, amelyről még lesz szó.

A belsőszervi afferens impulzusok általában nem keltenek szubjektív érzékleteket, így a hagyományos pszicho-fizikai módszerrel nem közelíthetők meg. Ezért aztán az érzékszerv-fiziológia kibontakozásának korszakában a viszcerális receptor-apparátusról szegényes adatok álltak rendelkezésre. *Szecsenov* már 1863-ban megsejtette a mell- és hasüreg szerveiből érkező nem-tudatos „homályos érzéseket". *Sherrington* arról ír, hogy az interoceptív ingerületek nem okoznak tudatos érzékleteket és felismerte a szubjektív élményen alapuló pszicho-fizikai megközelítés *lehetetlenségét: ő a klasszikus fiziológia módszerével kísérli meg a viszcerális* afferens impulzusok kimutatását. 1899-ben közzétett munkájában vérnyomásváltozast mutat ki macskában az epehólyag falának tágításakor. Bár a vegetatív válaszreakciókat máig is sokan felhasználják a belsőszervi afferens hatás objektív vizsgálatára, az interoceptív mechanizmusok feltárása csak az *Adrian* (1926) által kezdeményezett elektrofiziológiai technika alkalmazása és főképp a *Pavlov* által felfedezett feltételes reflex-módszer bevezetése révén vált lehetővé.

Az elektrofiziológiai megközelítésmód kiemelkedő eredményeket produkált. Csak példaként hozzuk fel *Gray* és munkatársainak (1951, 1953) vizsgálatait, akik a macska-hashártya Pacini-testén (tehát egy interoceptoron) a generátor-potenciál és ritmikus ingerületkeletkezés mennyiségi viszonyait tisztázták.[6] Joggal mondhatjuk, hogy a perifériás zsigeri receptor-mechanizmus alapjelenségei a fentiekhez hasonló vizsgálatok eredményeképpen ma már sok tekintetben részleteiben is világosan állnak előttünk.

Másként áll a helyzet a központi jelenségekkel kapcsolatban. *Pavlov* már 1912-ben kijelenti: „A nagyagyféltekékben el kell ismernünk még olyan speciális analizátorok létezését, melyeknek feladata a belső, magában a szervezetünkben lejátszódó történések óriási komplexumának elemzése... Egyszóval a felsorolt külső analizátorokon kívül belső analizátoroknak is kell létezniök."[7] *Pavlov*nak ez az útmutatása szolgált alapul a 30-as években meginduló interoceptív feltételes reflex munkák-

nak (*Bikov*, 1947).[8] Valamely belsőszervi receptormezőre alkalmazott inger feltétlen reflexszel társulva feltételes ingerré válhat, ily módon nemcsak bizonyítást nyert a nem-tudatos interoceptív impulzusok feljutása magasabb központi idegi centrumokba, hanem mód nyílt a belső szervek analizátorainak részletes vizsgálatára.

A *Bikov* által kezdeményezett belsőszervi feltételes reflexvizsgálatok komoly előrelépést jelentettek, de a zsigeri érzőrendszer teljes feltárásához ennél több kellett. A teljesebb kép megszerkesztéséhez komplex vizsgálatokra volt szükség, melyekben helyet kaptak elektrofiziológiai és magatartáskutatási módszerek, sőt a szubjektív élmény regisztrálása, a klasszikus pszicho-fizika e kedvelt eljárása is.

Így aztán az agyfiziológus éppúgy, mint az érzékeléspszichológus ma már nemcsak a belső környezet egységes rendszerével számol, hanem e kültakarón belüli terület érző apparátusával is, amely folyamatosan informálja az agyvelőt a belső miliő állapotáról, működésváltozásairól.

Anatómiai szempontból e belsőszervi, interoceptív (zsigeri vagy viszcerális) érző rendszer felépítése az ún. exteroceptív (látó-, halló-, tapintó-, hőérzékelő-készülék stb.) apparátuséhoz hasonló. De a viszcerális receptorok általában diffúz, szétszórt képletek, melyek nem tömörülnek jól szervezett érzékszervekbe, mint a látó- vagy hallókészülék, hanem a bőr tapintási-, nyomási- és hőreceptoraihoz, illetve ezek pályáihoz hasonlítanak. Behálózzák a belső szerveket: a keringési rendszert éppúgy, mint a tápcsatornát, a mirigyeket éppúgy, mint a húgyivarszerveket, a testüregeket stb. A szétszórt receptorelemekből csaknem a teljes belsőszervi érző ingerülettömeg négy fő pályán éri el a központi idegrendszert. Tisztázott e négy viszcerális érző idegtörzs gerincvelői, illetve nyúltvelői „belépési" zónája, valamint az agytörzsi és nagyagykérgi képviseletük is. Fontos hangsúlyozni, hogy e zsigeri érzőrendszer az organizáció minden szintjén mennyire összefonódott a külvilági információfeldolgozás szolgálatában álló exteroceptív pályákkal és központokkal. Így pl. a rendelkezésünkre álló adatok szerint a viszcerális információ ugyanabba a talamikus magrendszerbe és agykérgi érzőmezőbe jut, ahova a test bőréből és izmaiból eredő érzőimpulzusok.

A belső környezet homeosztázisának felismerése, valamint a belsőszervi érző rendszer működésének feltárása egy vonatkozásban világosan összekapcsolódott és megfogalmazódott az élettani törvények sorában: egyértelműen bizonyítást nyert a viszcerális érzőkészülék fő funkciója a homeosztázis állandósága biztosításának formájában. Más szóval: a vérkeringés, az emésztés, a veseműködés vagy a légzés funkcióinak részletes megismerése együtt járt annak feltárásával, hogyan értesíti a zsigeri érzőkészülék az agyi szabályozó központokat e belsőszervi működések változásairól és ezáltal miként járul hozzá a szervrendszerek stabil egyensúlyi állapotának fenntartásához. Itt vissza kell térnünk a tanulmány indító gondolatához, a belső környezet állandóságának, a homeosztázisnak elvéhez és újból hangsúlyoznunk kell, hogy éppen a zsigeri érző apparátus e homeosztázisnak fontos őre. A nedvkeringés, vagy az emésztés normális egyensúlyát, stabil állandó működési szintjét – egyebek mellett – a viszcerális receptorok jelzőfunkciója révén látja el a szervezet. E jelzőműködés fontos viszcero-viszcerális öngerjesztő, visszajelentő körök része, mely gondoskodik például a vérnyomás állandóságáról külső tényezők által előidézett esetleges egyensúlyeltolódások esetén. Mindez az élettan-kutató számára világos és egyértelmű.

Nem ennyire magától értetődő viszont a zsigeri érző rendszer másik szerepe, mely túlmutat a fenti homeosztatikus funkción. Miközben ugyanis nyilvánvalóvá vált a fiziológiában a zsigertől zsigerig futó interoceptív szabályozó körök sokasága, ugyanennek a belsőszervi érző rendszernek *érzékszervi*, percepciós aspektusa háttérbe szorult. Már utaltunk arra, hogy a szubjektív önmegfigyelésen alapuló klasszikus pszichofizika nem volt alkalmas e terület feltárására. De a már említett speciális feltételes reflexvizsgálatok, elektrofiziológiai technikák és egyéb viselkedési tesztek alkalmasak annak bizonyítására, hogy a viszcero-viszcerális hatáson kívül e zsigeri jelfelfogó készülék a magasabb agyi központokat is értesíti a belső környezet állapotáról. Számos régebbi és újabb kísérleti adatunk igazolja, hogy ezen *extra viszcerális* (vagy extrahomeosztatikus) funkciója a zsigeri érző rendszernek igenis realitás. Belsőszervi ingerlésre az agyvelő meghatározott emeletein speciális elektromos jeleket – ún. kiváltott válaszokat – lehet regisztrálni, ezenkívül az EEG-görbén is jellegzetes változás: alfa-deszinkronizáció észlelhető. A zsigeri érző impulzus módosítja az alvás és ébrenlét arányait, jellemző elektromos kísérőjelenségeit.

Végül a viszceroceptív hatás alapján feltételes reflex dolgozható ki, melynek segítségével igazolható az agyvelő belsőszervi ingerfelismerő és -megkülönböztető képessége. Már *Bikov* óta számos szerző igazolta e belső környezeti diszkriminációs lehetőséget. Saját vizsgálatainkban a tápcsatorna, a húgyivarszervek és a nagyerek különböző helyeiről származó, illetve különböző erősségű viszcerális impulzusok felismerését és diszkriminációját bizonyítottuk. Nyilvánvalóvá vált tehát az a tény, hogy a belsőszervi érző rendszer *érzékszervként* működik, tevékenységére lényegében a többi érzékszervekre, analizátorokra érvényes szabályok jellemzők. Ez az a felismerés, mely a jövőben filozófiai, ismeretelméleti figyelmet érdemel, hiszen saját adataink arra a megállapításra is elegendő érvet szolgáltatnak, hogy az állat és az ember viselkedését a döntően fontos külvilági ingerkomplexum mellett e belvilági hatások is determinálják.

Valószínű, hogy a viszcerális érző készülék e kettős homeosztatikus és érzékszervi – funkciója mindig együttesen, szét nem választható integrációban érvényesül. Hiszen a belsőszervi működések egyensúlyát, stabilitását célzó közvetlen hatáson túlmutató, az agyvelő felsőbb mezőibe futó interoceptív jelzés is végeredményben a szervezet jobb alkalmazkodásának szolgálatában áll. Átvitt értelemben ezen utóbbi érzékszervi aspektus is homeosztatikus jellegű működés!

A BELSŐ KÖRNYEZET TUDATOS ÖNFELTÁRÁSÁNAK LEHETŐSÉGE

A szervezet belső környezete interoceptív analízisének feltárása egyben azt jelentette, hogy ha a pszichofizika *Fechner*, majd *Stevens* által megfogalmazott alaptörvényét[9] ($\psi = K \cdot \Phi^n$) a viselkedés, vagy az agyi elektromos aktivitás rögzítésének és nem a szervezet szubjektív élményének (ψ) felhasználásával alkalmazzuk, úgy e „kerülő út" által lehetővé válik az ingerintenzitás (Φ) és az agyi érzékelés összefüggéseinek megállapítása. Saját vizsgálatainkban fokozott figyelmet fordítottunk a zsigeri felvevőkészülékek küszöbviszonyainak és intenzitás-függésének feltárására, vagyis sajátos interoceptív pszicho-fizika érvényesítésére, mind állatkísérletek, mind emberi vizsgálatok során. Így pl. igen gyenge viszcerális ingerek alvást indukálnak, erős zsigeri impulzusok ellenben ébresztő hatásúak. Gyenge, belsőszervi hatások az állatok természetes viselkedését

másként befolyásolják, mint ugyanazon zsigeri befolyások növelése egy intenzitás-kontinuum mentén.

Tekintettel arra, hogy emberben a zsigeri érző impulzusok általában nem válnak tudatossá, tehát nem váltanak ki szubjektív élményt, de – adataink értelmében – feljutnak a legmagasabb agyi központokba, pszicho-fiziológiai szempontból különleges érdeklődésre tarthat számot a zsigeri érzőfunkció tudati aspektusa. Vagyis az a kérdés, vajon merőben tudattalan szubszenzoros jelenségnek tekintsük-e a belsőszervi jelzéseket, vagy pedig létezik ezen impulzus-továbbításnak és agyi feldolgozásának egy tudatos, szenzoros változata, mely lehetővé tenné a valódi, pszichológiai értelemben vett viszcerális érzékelést.

Nézetünk szerint legalább két olyan zsigeri receptorzóna létezik, melyek fiziológiai intenzitású ingerületi állapotát a kisgyermek – a szociális környezet hatására – megtanulja tudatosítani. Társadalmi hatásra megtanulja szubjektív módon érzékelni a húgyhólyag és a végbél feszítési állapotát és ennek megfelelően akaratlagosan szabályozni az ürítést. E zsigeri impulzusok gyermekkori tudatosulásának feltételezéséből kiindulva több csoport vizsgálati személyen szómegerősítéssel, verbális visszajelzés felhasználásával kondícionáltunk bél-, illetve méh-ingereket. Más szóval szóingerekkel való utólagos visszajelentés révén megtanítottuk vizsgálati alanyainkat arra, hogy érezzék, tudatosítsák a kondícionálási eljárás előtt még nem tudatos zsigeri impulzusokat. E tanítás révén a belsőszervi jelzések információtartalmat nyertek; tulajdonképpen mesterségesen produkáltuk azokat a körülményeket, melyek folytán a gyermek megtanulja korán érzékelni a végbél és a húgyhólyag feszülési impulzusait.

A tudattalan zsigeri érző impulzusok tehát emberben tudatosíthatók. Lehetséges, hogy a mostanában újra annyira népszerűvé vált viszcerális tanulás mechanizmusában – melynek során a kísérleti alany megtanulja akaratlagosan befolyásolni szívritmusát, bőrhőmérsékletét, vagy bélmozgásait – a tudatosított belsőszervi visszajelző csatornának jut komoly szerep. Nem szükséges hangsúlyozni a zsigeri tudatosított érzékelés által feltáruló perspektívákat, de nem hallgathatók el ezen eljárások veszélyei sem. Lehetséges, hogy – személyiségjegyeitől függően – egyes embercsoportok belsőszervi funkcióinak stabilitása, megbízható működése fokozódik egy ilyen kondícionálás révén, más embereket pedig inkább a belső történések felejtése, homályban maradása gyógyít, semmint e folyamatok szubjektív átélése.

A belső történések tudatos elemzésének lehetősége újból ráirányítja a figyelmet a szubjektív beszámoltatás, az *introspekció* nélkülözhetetlenségére és egyben korlátaira. Hiszen a verbális számot adás a „belső" történésekről, az emberi introspekció, vagyis a „belső megfigyelés", olyan oldalát tárja fel a pszichikus történéseknek, mely semmiféle más eljárással nem fedezhető fel. Nagyobb embercsoport introspektív úton nyert hasonló vagy azonos szubjektív élménye végül is objektív adatnak tekinthető. A szubjektív beszámolási aspektus azonban egyben a pszichofizikai eljárások korlátját, gátját is jelenti. Az önmegfigyelés számos hibaforrása, labilis, sok pszichikus és szomatikus tényezőtől függő ingadozó jellege közismert. Ugyanazt a képet, hangot másképpen érzékeljük kipihenten, mint fáradtan; másképp jókedvűen, mint rosszkedvűen; megint másképpen izgatott állapotban. Nem lehet csodálkozni azon, hogy a pszichológia és neurofiziológia története számos olyan törekvést ismer, mely ezt a metodikacsoportot ki szándékozott iktatni az experimentális módszerek közül. Szakmai körökben köztudott az amerikai behaviorista irányzat, valamint a Pavlov-iskola néhány reprezentánsának elutasító álláspontja. Fejtegetésünkből nyilvánvaló, hogy a pszicho-fizikai módszereket hasznos, néha más megközelítésmóddal nem helyettesíthető eljárásoknak tekintjük, különösen amikor az inger és az általa keltett érzéklet összefüggését vizsgáljuk.

Ismeretelméleti szempontból a belső környezet tudatos önfeltárásának lehetősége komoly esély, a világ további megismerésének fontos eszköze, ha a „környező világ" fogalmi körébe saját belvilágunkat is bevonjuk. Az a tény, hogy az emberi faj evolúciójának évmilliói alatt a tudatos belső önfeltáró működés csak néhány belsőszervi „homályos" élményre korlátozódott (éhség, szomjúság, vizelési és székelési inger) nem jelenti e zsigeri érzékelés elvi lehetőségeinek tagadását. *Granit* mutatott rá, hogy nem feltétlenül jelenti az agyvelő információ-feldolgozó működésének képtelenségét az az eset, ha a feldolgozás rendes körülmények között nem megy végbe.[10] Az agy feldolgozó kapacitása ugyanis sokkal nagyobb, mint azt a normális környezeti alkalmazkodás megköveteli. Az egyébként színtévesztő macska színlátóvá válhat, ha a színinger „releváns"-sá válik számára. A *relevancia-elv* a zsigeri érzékelés esetében is érvényes lehet, hiszen nincs okunk kételkedni abban, hogy a környezethez való jobb alkalmazkodás céljából érzékelési képességünk – így a belsőszervi folyamatok érzékelése – a jövőben fejlődhet. A relevancia a mi esetünkben biológiai alkalmazkodó szerepet jelent, vagyis azt, hogy a zsigeri funkció módosulásainak tudatos felismerése segíthet e működéseknek az állan-

dóan változó környezethez való tökéletesebb alkalmazkodásában. Elég, ha arra gondolunk, mennyire növelte a civilizációs környezet a szív- és érbetegségek számát és milyen hatékony lenne az ártalmak megelőzése és kivédése szempontjából akár a legcsekélyebb mértékű vérkeringési önfelismerés és önellenőrzés megvalósítása.

A belsőszervi tudatos érzékelés szabályainak részletes feltárása a közeljövő feladata, hiszen jelenleg a kezdeti laboratóriumi és klinikai kísérleteknél tartunk, melyek elé, a technikai nehézségeken kívül, nem lebecsülhető etikai akadályok is tornyosulnak. E sajátos ismeretelméleti problémával viszont már most szembe kell néznünk, hogy kijelölhessük helyét egy tökéletesedő jövőbeni gnoszeológiában.

JEGYZETEK

[1] *C. Bernard:* Introduction à l'étude de la médecine experimentale. Paris 1865. (English edition: An Introduction to the Study of Experimental Medicine. New York 1957.)

[2] *C. Bernard:* Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme. Paris 1859.

[3] *C. S. Sherrington:* The Integrative Action of the Nervous System. London 1911.

[4] *C. Ludwig-E. D. Cyon:* Die Reflexe eines der Sensibilen Nerven des Herzens auf der Motorischen der Blutgefässe. Berichte Sächs. Ges. Wiss., 1866. No. 18. 307. old.

[5] *V. N. Csernigovszkij:* Intercoceptori. Moszkva 1960.

[6] *J. A. B. Gray:* Initiation of Impulses at Receptors. (in: Handbook of Physiology). Washington 1951. vol. 1. 23. old.)

[7] *I. P. Pavlov:* Polnoje szobranyije szocsinyenyij (I–VI). Moszkva-Leningrád 1951–54.

[8] *K. M. Bikov:* Kora golovnogo mozga i vnutrennije organi. Izd. 2. Moszkva 1947.

[9] *S. S. Stevens:* Sensory Power Functions and Neural Events. (in: *W. R. Loewenstein* [Ed.]: Principles of Receptor Physiology: Handbook of Sensory Physiology. vol. 1. Berlin–Heidelberg-New York 1971. 226-242. old.)

[10] *R. Granit:* The Case for „Relevance" in Sensorimotor Physiology. Trends in Neurosciences, 1978. No. 17–18. p.

További irodalom:

E. D. Adrian: The Basis of Sensation. New York 1928., *G. Ádám:* Interoception and Behaviour: An Experimental Study. Budapest 1967. *E. Hering-I. Breuer:* Die Selbsteuerung der Atmung durch den Nervus Vagus. Akad. Wiss. Wien 1868. No. 57. 672. old.; No. 38. 909. old. *I. M. Szecsenov:* Izbrannije proizvegyenyija. Tom 1. Fiziologija i pszichologija. Izd. Akademii Nauk SZSZSZR 1952.

LÁNG FERENC–LÁSZTITY DEMETER

Az élet lényegének filozófiai értelmezése a biokémiai evolúció tükrében

A XX. századi természettudományok egyik legdinamikusabban fejlődő tudományága a genetika és a molekuláris biológia. E két tudományos diszciplína eredményei az elmúlt 20–30 évben lényegesen megváltoztatták az életről alkotott filozófiai képünket. A genetika és a molekuláris biológia szerepe a gyakorlati életben (nemesítés, orvostudomány) rendkívüli mértékben megnőtt és ez az elkövetkező években tovább fokozódik.

A molekuláris genetika a biológia modern irányzatának, a molekuláris biológiának az a része, amely az élő sejtben levő, biológiailag fontos makromolekulák (nukleinsavak, fehérjék) kémiai és fizikai tulajdonságainak figyelembevételével kutatja és magyarázza a genetikai jelenségeket, és így integráns része a genetikának, amely az élő szervezetek tulajdonságainak öröklődésével foglalkozik.

A molekuláris genetika nagy utat tett meg az elmúlt években. Bővelkedett szenzációs fordulatokban, eredményei új távlatokat nyitottak néhány alapvető biológiai kérdés megoldása előtt és ezzel párhuzamosan számtalan filozófiai problémát vetett fel.

Korunk szakirodalmában[1] egyes kutatók szembeállítják a klasszikus genetikát a molekuláris genetikával. A klasszikus genetika megalapozása és fejlődése századunk első három évtizedében zajlott le. Ebben az időszakban dolgozták ki az öröklődés alapvető törvényszerűségeit (Mendel törvényei, az öröklődés kromoszómaelmélete). A molekuláris genetika kialakulása az utóbbi 30–40 évre tehető és elsősorban a vírusok és a baktériumok genetikájának kidolgozásával, valamint a DNS centrális szerepének felismerésével kapcsolatos.

Annak ellenére, hogy G. J. Mendel az öröklődés törvényeit már a XIX. században felismerte, a genetikának mint tudománynak a története teljes egészében a XX. századhoz kapcsolódik.[2] A tudomány számára ugyanis ezek a törvények csak De Vries és Bateson[3] újrafelfedezésével váltak ismertté. Egyes szerzők[4] úgy vélik, hogy a genetika történeti fejlődésébe Lamarck és Darwin[5] evolúciós elméletei is beletartoznak. Ezzel kapcsolatban úgy véljük, hogy Darwin és Lamarck munkássága a biológiai evolúció egészének kérdéskörére próbált, illetve adott végül is választ. Ez azonban nem a genetikai kutatások és törvények alapján történt, így nem soroljuk őket a genetika mint tudomány fejlődéstörténetébe. Mendel a múlt században végzett úttörő jelentőségű vizsgálataival nyitott utat az öröklődés mechanizmusának megismeréséhez. Mendel munkássága és törvényei azonban még a polgári társadalom uralkodó világnézetét, mégpedig az objektív idealizmus és mechanikus materializmus bélyegeit tükrözték.[6] Nézetein különösen Feuerbach materializmusának hatása és a dialektika hiánya szembetűnő. Mendel törvényeinek újrafelfedezése, kiszélesítése és elmélyítése De Vries és Bateson munkásságának eredményeképpen gazdagította az élő szervezetek öröklődéséről alkotott képünket, de a tények interpretációját a mechanicizmus és az idealizmus irányába tolta el. W. Johannsen[7] írja egyik művében, hogy a „genetika teljesen megcáfolta a darwinizmus elméleti alapjait". A genetika fejlődésében kulcsfontosságú esemény volt a gén fogalmának bevezetése, ami Johannsen nevéhez fűződik. Ez a fogalom a korabeli genetika filozófiai bázisát, a mechanikus materializmust és az objektív idealizmust tükrözte. A gént ugyanis, mint oszthatatlan, változatlan anyagi hordozót értelmezték. E teóriának a pozitív magva abban rejlik, hogy rámutatott az öröklődés anyagi voltára. Johannsen génelméletének alapvető hibája viszont az, hogy a gént kiragadja környezetéből, változatlannak és diszkrétnek tartja. E teóriának a későbbiek során a legtöbb gondot az örökletes változások – a mutációk értékelése okozta, mivel ez az előző premisszákkal ellentmondásban volt.

Az öröklődés mechanizmusának vizsgálatában nagy előrelépést jelentettek Morgan[8] és munkatársainak eredményei. Morgan nevéhez fűződik az öröklődés kromoszómaelméletének kidolgozása. Ennek az elméletnek a rendkívüli fontossága abban állt, hogy rámutatott: az örökítő anyag a sejtben meghatározott struktúrában foglal helyet, melyben lineárisan helyezkednek el a gének. A rekombináció és a kapcsolt öröklődés fel-

fedezése fényt derített az öröklődés részletesebb mechanizmusára is. A konkrét szaktudományos felfedezések azonban nem kímélték meg Morgant és iskoláját az ideológiai tévedésektől. Az eredmények interpretációja során ugyanazok az ideológiai tévedések figyelhetők meg, mint a génelmélet esetében. Így például a darwinizmust mint elavult elméletet kezelték, a mutáció jelentőségét nem értékelték helyesen, a gént továbbra is oszthatatlan korpuszkulumként értelmezték, koncepciójukban az idealizmus és a mechanicizmus elmélete tükröződött. A genetika fejlődésének erre a szakaszára általában a mechanicizmus és az idealizmus nyomta rá bélyegét, ami ebben az időszakban elkerülhetetlen volt, mivel a genetika csupán az öröklődés felszíni kérdéseivel foglalkozott. A fejlődés további szakaszaiban a genetika, de elsősorban a molekuláris genetika az öröklődés lényegi kérdései felé fordulva fokozatosan küzdötte le az ilyen jellegű interpretációkat.

A genetikának mint tudománynak a fejlődése is különböző irányzatok küzdelmein keresztül realizálódott. A Szovjetunió létrejöttével egy nagy tudományos forradalom zajlott le, ami a tudomány valamennyi diszciplínájának, így a genetikának a fejlődését is elősegítette. A Szovjetunióban alapvetően két genetikai iskola alakult ki. Az egyik irányzat képviselői Dubinyin, Csetverikov, Lobasov, Vavilov, Szerebrovszkij, Kolcov és Filipcsenkó voltak. Munkásságuk szorosan kapcsolódott a morgani iskolához. A másik irányzatot Micsurin és Liszenko neve fémjelezte, amely érdemben szembenállt Morgannal és követőivel.

Ez utóbbi irányzat az öröklődés külső tényezőire fektette a hangsúlyt. A meglevő elméleti nehézségek és a gyakorlat megoldatlan problémái azonban egyúttal tudománytalan, a dialektikus materializmussal ellentétes következtetésekhez vezettek. A kromoszómára és magára a DNS-re vonatkozó modern genetikai és biokémiai kutatások eredményeinek dogmatikus, szubjektivista értékelése és az ezen problémák körül kialakult viták a genetika és dialektika viszonyának értelmezésében csúcsosodtak ki. Olyan szélsőséges nézetek láttak napvilágot, melyek szerint a dialektika a genetikában csődöt mondott. A vita központi kérdését az képezte, hogy a modern tudomány módszerének és világnézetének szerepét betöltheti-e a dialektika. A materialista dialektika ugyanakkor el kell, hogy vesse azt a vulgáris felfogást is, amely a genetika elvi kérdéseiben kritika nélkül fogadta el Liszenkónak és iskolájának helytelen és tudományosan megalapozatlan nézeteit.

A téves nézetek extrapolálása odáig vezetett, hogy kialakult az úgynevezett „két genetika" elképzelés, melynek megvolt a maga társadalmi-

politikai vetülete is. A genetikai elméletek a természettudományok, sőt a tudomány határait is átlépve nagy jelentőségűekké váltak. Az élőlények – a szerves anyag konkrét tulajdonságainak filozófiai kategóriákkal való azonosítása ezen a ponton lényegében az elméleti természettudományok és a filozófia kapcsolatára vonatkozó marxi–lenini elvek vulgarizálását eredményezte. E tudománytalan álláspont következtében az élő rendszerek molekuláris szintű kutatásának eredményei nem kaptak objektív értékelést, sőt ez a „micsurini genetikai koncepció", továbbá Micsurin munkásságának és eredményeinek egyoldalú, torz értékelését jelentette, így lényegében annak fejlődését sem segítette elő.

Az úgynevezett „két genetika" elképzelés lényegét a „génelmélet" körül folyó viták kapcsán tekinthetjük át. A kromoszóma-, illetve a génelmélet előfutárának a Weismann-féle csíraplazma elmélet tekinthető, mely alapvetően mechanisztikus és téves volt abban az értelemben, hogy a szómát és az örökítő anyagot egymástól különválasztotta, sőt a csíraplazma változatlanságát, továbbá a szervezet és a környezet kölcsönhatásától való függetlenségét hangsúlyozta. Ez a fajta elrendeltetésszerű öröklődés természetesen a teologikus elképzelések, a különböző vallásos, ösztönösen idealista magyarázatok számára is felhasználható volt. A Johannsen nyomán bevezetett gén–genotípus fogalma még szintén megőrizte a mechanisztikus vonásokat és tovább mélyítette a genotípus és a fenotípus mechanikus szétválasztását, amennyiben a genotípust mint változatlan gének összességét, a fenotípust pedig mint az ezek által meghatározott bélyegek mozaikos összegét tekintette. Az örökítő anyag kromoszomális lokalizációjának kísérletes igazolása, valamint a morgani iskola citogenetikai vizsgálatai az öröklődés anyagi alapjainak kísérletes tanulmányozását jelentették. Ennek eredményei kerültek általánosításra a kromoszómaelméletben. Morgan iskolájának elsődleges érdeme a gének materializálása, azaz kromoszomális lokalizációjuk kísérletes bizonyítása volt. Ezek az eredmények Mendel törvényeinek, így például a tulajdonságok szegregációjának elvét új oldalról támasztották alá, s mintegy azok újrafelfedezését jelentették. Ezen klasszikus génfogalom egyik sajátsága azonban a gén állandóságának az eltúlzása volt, amely a gént, mint végső, tovább már nem osztható, a sejt anyagcseréjétől és a környezettől független öröklődési egységet értelmezte. Mindezen tévedések kritikai értékelése helyett a „két genetika" másik irányzatának hívei tagadták a gén és a belső, irányító szerepet játszó tényezők létezését. Elméletük szerint a szervezet anyagcseréje az a tényező, amely teljes egészében meghatározza a szervezet átörökítő képességének jellegét, az anyagcsere viszont

közvetlenül a szervezet és környezet kölcsönhatása által meghatározott.

A korszerű biokémiai-genetikai vizsgálatok, továbbá a mikrobiális genetika utóbbi évtizedben kapott eredményei lehetővé tették a modern génkoncepció kialakítását. Ennek alapgondolata továbbra is a strukturális és funkcionális genetikai egység koncepciójával függ össze, de bizonyos értelemben a „klasszikus génfogalom" tagadása is. Az új elmélet lényeges eleme, hogy nem tekinti a gént oszthatatlannak, hanem azt vallja, hogy az több genetikai alegységből áll, egységes rendszert alkot (ez a genotípus), melyen belül a gének kölcsönhatásba lépnek egymással. A modern génfelfogás szerint az örökítő anyag biokémiai állandósága viszonylagos. A gének szoros kapcsolatban állnak az anyagcsere-folyamatokkal és így bekapcsolódnak a sejt, sőt az egész szervezet biokémiai folyamataiba, a külső és belső környezet hatására nem maradnak változatlanok. Tehát nem a környezeti hatások kizárása, hanem e hatások pontos lokalizációja az elmélet lényege.

A gén fogalmát tehát történeti változásában lehet és kell értékelni. Értelmezése és tartalma az új tudományos eredményeknek megfelelően a klasszikus génfogalomhoz viszonyítva lényegesen átalakult és helytelen lenne a mai elméletet véglegesnek tekinteni.

A génfogalom a kromoszómához való viszonyát tekintve is változott. Ismeretes, hogy a szervezet egészének örökletessége lényegesen több információt hordoz, mint amennyit a kromoszómák tartalmaznak. Az öröklött információk egy része a kromoszómákon kívül, a sejt egyéb genetikai rendszereiben lokalizált. Ilyen extranukleáris rendszert kísérletesen is igazoltak a kloroplasztiszokban és mitokondriumokban.

Ez a felismerés a citoplazmás gén fogalmának kialakításához vezetett, ami szintén a génfogalom bővülését jelenti, miszerint a gének viselkedése nem minden esetben követi a Mendel szabályokat.

Az említett irányzatok a génfogalom mellett a környezet és a szervezet viszonyának és kölcsönhatásának az értelmezésében is eltérnek egymástól. Az élő szervezet a genotípus által minőségi meghatározottsággal és viszonylagos önállósággal rendelkezik, ugyanakkor biotikus és abiotikus tényezőkből összetevődő környezetében él, ami aktuálisan vagy potenciálisan hat rá. A szervezet és a környezet dialektikája tulajdonképpen a külső és a belső dialektikáját tartalmazza, sőt bizonyos értelemben egybeesik azzal. Az élő természetben a külső és a belső feltételek együttesen meghatározóak. Anélkül, hogy ennek részletes elemzésébe belemennénk, nyilvánvalóan hibás mindkét feltétel egyoldalú kiemelése és a másik

oldal szerepének háttérbe szorítása. Liszenko iskolája a külső környezet szerepének túlhangsúlyozásával nemcsak a belső tényezők jelentőségét, hanem a kettő kölcsönhatásának lehetőségét is elvetette. E tekintetben viszont a csíraplazma elmélet, sőt a klasszikus génfogalom is a másik oldal, vagyis a belső tényezők szerepének egyoldalú szemléletét képviselte.

Liszenko és munkatársai nézeteiben elsősorban az volt a hiba, hogy Morgan és a morgani iskola bírálata során nemcsak annak idealista és mechanicista nézeteit támadták, hanem szaktudományos részét is negligálták. A másik probléma azzal volt kapcsolatos, hogy állításaikat nem igyekeztek biokémiai és más módszerekkel alátámasztani. Filozófiai értelemben Liszenko és munkatársai a mechanisztikus determinizmus álláspontját foglalták el. Liszenko például egyik munkájában ezt írja: a „tudomány – a véletlen ellensége"[9]. Liszenko és munkatársai mechanisztikusan fogalmazzák meg alapelvüket: a genomnak kizárólagosan a külső környezeti tényezők által történő meghatározottságát ismerték el.

Napjainkban a gén fogalmának újabb átértékelését vonta maga után Sanger és munkatársainak[10] DNS szekvenálási módszere, illetve a DNS-fág elsődleges szerkezetének meghatározása.[11] Ezzel párhuzamosan egy másik kutatócsoport pedig egy eukarióta szervezet ovalbumin szintéziséért felelős gén elsődleges szerkezetét határozta meg.[12] Az a klasszikus állítás, hogy *egy* gén *egy* polipeptidláncnak, illetve *egy* nukleinsav molekulának felel meg, megdőlt, mivel kimutatták, hogy a DNS-fágokban a DNS egy bizonyos szakasza (gén) egy bizonyos polipeptidlánc szintéziséért felelős. Az ovalbumin gén szerkezetének vizsgálata pedig arra mutatott rá, hogy a génen belül informatív és nem-informatív szakaszok váltakoznak egymással. Tehát az információ realizálásában az érési enzimek kulcsfontosságú szerepet játszanak.

A génfogalom állandó változása pregnánsan rávilágít a tudományfejlődés belső dialektikájára, és rámutat arra, hogy a tudományos előrehaladás a fogalmakat előbb-utóbb megszabadítja idealista és mechanicista jegyeiktől.

Századunkban nemcsak a genetika fejlődött intenzíven, hanem más biológiai és kémiai diszciplínák is. A szerves kémia, a biokémia és a mikrobiológia fejlődése nagyban elősegítette a genetika előtt álló feladatok megoldását, a mikrobiális genetika kiteljesedését, valamint a mutáció lényegének és genetikai jelentőségének megértését, amiben elsősorban Mullernek és Léderbergnek volt nagy szerepe.[13] A szerves kémia fejlődése tette lehetővé, hogy a genetikai apparátus részeit izolálják, szerkezetüket meghatározzák, gondoljunk csak a nukleinsavakra, fehér-

jékre és ezek komplexeire. Ebben a folyamatban különösen a kromatográfiás módszerek jelentőségére kell felhívnunk a figyelmet.

A mikrobiális genetika létrejötte volt az a bázispont, ahonnan a molekuláris genetika, illetve a molekuláris biológia fejlődésnek indult. A genetika fejlődésének erre az időszakára az jellemző, hogy fokozatosan visszaszorulóban van az idealista és a mechanicista interpretáció, bár a metafizika még tartja hadállásait. Muller például a mutációról szóló értekezésében[14] abszolutizálja a véletlent, és nem veszi figyelembe a véletlen és a szükségszerű dialektikáját.

Közvetlenül a második világháború előtt és után a genetikában és a biokémiában egyaránt a legfőbb örökítő anyag – a DNS vizsgálata került előtérbe. Ezt megelőzően hajtották végre az első transzformációs kísérletet, melynek során Avery[15] és munkatársai 1944-ben bebizonyították, hogy a transzformációért felelős anyag a DNS. A továbblépést a szerves kémiai és a biokémiai vizsgálatok jelentették, mégpedig azáltal, hogy (Cohn, Thodd és Chargaff) tisztázták a DNS-molekula felépülésének alapvető törvényszerűségeit.[16] E vizsgálatok csúcspontját a DNS-molekula térszerkezetének meghatározása[17] (Watson, Crick) jelentette. Legtöbb szerző ettől számítja a molekuláris genetika, illetve a molekuláris biológia létrejöttét. Egy másik, ugyancsak elterjedt nézet szerint a molekuláris biológia, illetve a molekuláris genetika kialakulását korábbi időpontra, Avery kísérleteire teszik.[18] Ez utóbbi nézet alapvető hibája véleményünk szerint az, hogy e kísérletek eredményeit csak az 50-es évek elején kezdték megfelelően felhasználni, illetve tudománytörténeti szempontból értékelni. Watson és Crick eredményei azért nagyobb jelentőségűek, mert a DNS-ről átfogó, alapos képet adnak és tisztázzák a DNS funkcióját és az öröklődés mechanizmusát (kettős spirál, szemikonzervatív replikáció, replikatív forma).

A DNS szerkezetének felderítése azonban egy újabb egyoldalúsággal járt együtt: a DNS szerepét abszolutizálták, a többi tényező jelentőségét pedig ezzel párhuzamosan elhanyagolták (Crick, Herskowitz).[19] Igaz ugyan, hogy a DNS térszerkezete sok mindenre választ ad, ebben az értelemben tehát jó kiindulópont, de nem teszi lehetővé minden probléma megoldását.

A további fejlődés három fő irányban haladt:

a) A DNS replikációjának vizsgálata.

b) Az RNS szerkezetének és funkciójának, valamint a fehérje bioszintézis folyamatának tanulmányozása.

c) A biológiailag fontos makromolekulák között történő információátadás mechanizmusának feltárása.

Az *első* (*a*) témakör kutatásában több csomópontot emelhetünk ki.

1. Kornberg[20] 1956-ban izolálja a DNS-től függő DNS-polimerázt, (amelyről később kiderült, hogy csupán a replikáz komplex része és lényegében reparáz funkciója van).

2. Meselson és Stahl[21] 1958-ban N^{15} izotóp felhasználásával bizonyítja be a szemikonzervatív replikációt.

3. Okazaki és munkatársai[22] 1966-ban bebizonyítják, hogy a replikáció szakaszonként és darabonként megy végbe. (Úgynevezett Okazaki-fragmentumok.)

4. A 70-es évek elején kimutatják[23], hogy a DNS bioszintéziséhez RNS-primer szükséges.

A fent vázolt kép arra mutat, hogy a tudományos előrehaladás lényegesen gazdagítja ismereteinket. Ezzel kapcsolatban Lenin szavait idézhetjük: az „elektron éppoly *kimeríthetetlen*, mint az atom, a természet végtelen"[24].

Az előbb ismertetett eredményekkel kapcsolatos interpretációk változása a tudományos megismerés során filozófiai szempontból is rendkívül érdekes. Így például a kutatás első és második szakaszára a DNS önreprodukciós készségének és autonómiájának dogmatikus túlhangsúlyozása jellemző. A fejlődés további szakaszában azonban világossá vált ezeknek a nézeteknek a tarthatatlansága. Kiderült, hogy a DNS replikációja valójában egy komplex folyamat, amiben az RNS és a fehérjék egyaránt részt vesznek. A genetika fejlődése egyben jól példázza a megismerés – a lényeg fokozatos feltárása – folyamatának dialektikáját is.

A *második* (*b*) témakör az RNS szerkezetének és funkciójának felderítésével és a fehérjeszintézis mechanizmusának megismerésével kapcsolatos. E folyamat során a következő főbb csomópontokat emelhetjük ki:

1. Crick[25] elméletileg feltételezi, Hoogland[26] pedig izolálja az *t*RNS-t.

2. Ochoa[27] izolálja az *r*RNS-t és a riboszómát.

3. Jacob és Monod[28] 1961-ben posztulálja és igazolja a *m*RNS jelenlétét.

4. Holley és munkatársai[29] 1965-ben meghatározzák az élesztő alanin RNS-ének elsődleges szerkezetét.

5. Khorana[30] 1968-ban szintetizálja az első gént.

6. 1969-ben modellkísérlet formájában megvalósítják a fehérje bioszintézisét.[31]

Az 1-es csomópont több szempontból is lényeges. A biológiában először tisztán elméleti alapon sejtették meg egy bizonyos típusú RNS létezését, amit egy évre rá két kutatócsoport egyidőben be is bizonyított. A 2-es és a 3-as csomópont felfedezéseinek értéke abban rejlik, hogy mind a két alkotóelem része a fehérjeszintetizáló rendszernek. A 4-es és az 5-ös csomópont jelentősége abban van, hogy először határozták meg egy RNS-molekulának az elsődleges szerkezetét, illetve egy biológiailag fontos elem mesterséges szintézisét valósították meg. A 6-os csomópont jelentősége a molekuláris genetika szempontjából az, hogy fő vonalaiban tisztázta a fehérjeszintézis mechanizmusát és a genom önmegvalósulását.

A második kutatási irány lényegében kiegészíti az elsőt és rámutat a biológiai mozgásforma komplex voltára, s egyben cáfolja a DNS kitüntetett és abszolút szerepéről alkotott nézeteket.

A *harmadik* (c) témakört a biológiailag fontos makromolekulák közötti információ-átadás mechanizmusának vizsgálata képezi.

Ezeknek a kutatásoknak négy fő mozzanatát emeljük ki:

1. Crick[32] posztulálja a genetikai (biológiai) kódot.

2. Nirenberg és Leder[33] 1961-ben kísérletesen bizonyítja a genetikai kód modelljét.

3. Crick megfogalmazza a molekuláris biológia centrális dogmáját.

4. A reverz transzkripció felfedezése[34], valamint a centrális dogma módosítása.[35]

Mind a négy mozzanat rendkívüli jelentőségű a molekuláris biológia, illetve a molekuláris genetika szempontjából. Ezek által vált ugyanis egyértelművé az információ-áramlás mechanizmusa és a biológiailag fontos makromolekulák kölcsönhatásának komplex és kölcsönös volta.

A molekuláris genetika és a molekuláris biológia fejlődésének homlokterében pillanatnyilag két kérdés áll. Az első az információátadás mechanizmusa, a második a génfogalom változása a DNS elsődleges szerkezetének vizsgálata fényében. A legtöbb filozófiai kérdés az elsővel kapcsolatosan vetődik fel.

A biológiai rendszerekben mai tudásunk szerint a proteinek és a nukleinsavak háromféle formában kapcsolódnak egymáshoz:

a) Kromatin: DNS + kromoszomális proteinek,

b) Riboszómák: *r*RNS + riboszomális fehérjék,

c) A fehérjét szintetizáló rendszer, amely *m*RNS templátot használ fel.

Elsőként a monomer–polimer kölcsönhatás demonstrációját kell megemlíteni, mivel ez az információátadás mechanizmusára mutathat rá.

Azok a kísérletek, amelyek arra irányultak, hogy specifikus polinukleotid–aminosav kölcsönhatást találjanak, jórészt sikertelenek voltak, bár bizonyos specificitás mutatkozott. Megállapították, hogy az aromás aminosavak és a poli-*L*-lizin közötti kölcsönhatás erősségében következő a sorrend: GMP AMP CMP UMP.[36] Ezek az eredmények megegyeznek azzal a hipotézissel, miszerint a proteinek voltak az információ evolúciója során az első funkcionális makromolekulák, és így templátként szolgálhattak a nukleinsavak számára egy úgynevezett inverz transzlációs folyamatban (a későbbiekben részletezendő transzlációs folyamat a biológiai rendszerekben az információ-átadást valósítja meg, ahol az információátadás iránya: nukleinsav → fehérje). Ehhez a gondolatsorhoz kapcsolódik az a kísérleti tény, hogy bizonyos enzimek templátként funkcionálhatnak az aminosavak oligopeptidekké való átalakításában, mégpedig igen nagy precizitással, mint azt Lipmann a Gramicidin esetében B. brevis enzimekkel in vitro bizonyította.[37] Megjegyzendő, hogy a szintézisben résztvevő enzimek DNS-templáton szintetizálódtak.

Mind a kromatin, mind a riboszómaszerű nukleoproteid szerkezetek spontán keletkezését demonstrálták laboratóriumi körülmények között: természetes DNS, RNS valamint mesterséges oligonukleotidok (például oligocitidilsav) és bázikus poliaminosavak (például poli-*L*-lizin), valamint hőproteinoidok között. A további kísérletek pedig azt bizonyították, hogy az egy szálú poliribonukleotidok bázikus proteinekkel való kölcsönhatása tartalmaz bizonyos specificitásokat, melyek közül néhány kapcsolatot mutatott a genetikai kód felé.[38]

A genetikai apparátus evolúciójának alapszemlélete a fenti eredmények alapján tehát a következő: a protoproteinek valószínűleg spontán módon és jóval azt megelőzően keletkeztek, hogy azok a folyamatok, melyek

egymással összekapcsolódva a fehérjeszintézist (transzkripció és transzláció) eredményezték, megjelentek.

Fontos kérdés, hogy a két különböző típusú makromolekula közül melyikre, továbbá, hogy vajon csak az egyikre, vagy mindkettőre szükség volt-e az evolúció során. Mivel az evolúció a funkciók szelekcióján keresztül valósul meg, és mivel a biokémiai funkciók többségét a fehérjék hordozzák, a természetes szelekcióhoz – a nukleinsavak kialakulását megelőzően – fehérje(szerű) molekulákra volt szükség. A proteinoidok szubsztrátként szolgáltak a természetes szelekcióhoz, a mikrorendszerekhez, a membránokhoz és az enzimfunkciókhoz. Ezen kezdetleges fehérjék szintéziséhez az információt a környezet szolgáltatta a koncentráció, a kémhatás, az ionerősség, valamint az aminosavak mennyisége és minősége formájában. Az energia szintén a környezetből származott.

A korábban ismertetett laboratóriumi kísérleti adatok elegendő bizonyítékot szolgáltattak az ATP (makroerg vegyület) spontán megjelenéséhez, amit többek között az aminosavak nem-enzim katalizálta aktiválása követett. Az aminoacil-adenilátok viszont már spontán módon peptidekké polimerizálódnak. Így annak a fehérjeszintetizáló rendszernek a léte, amely már nem hőenergia-forrást használt fel, szintén bizonyítható. Azonban az a kérdés, hogy a kontroll hogyan alakult ki és finomodott, még ma sem tisztázott.

A funkciók hosszú időn át fennálló állandóságához az szükséges, hogy a struktúrák, amelyek a funkciókért felelősek, duplikálódjanak, azaz egy, a funkcionáló struktúrát másoló eljárás maga is mint egy fő funkció alakuljon ki. Jelenleg arra nincs kísérleti bizonyíték, hogy az evolúció kezdetén egy direkt fehérjemásoló enzimrendszer létezett volna, arra azonban van, hogy egy fehérjeszerű sejt (protosejt) létre tudott jönni nukleinsavak nélkül is, ami feltehetőleg úgy replikálódott, hogy minden nemzedék továbbadta az információt utódjának. Ezek szerint a továbbfejlődéshez az inverz transzlációra volt szükség. Amikor azok a funkciók, amelyekben a protostruktúrák játszottak szerepet, továbbfejlődtek, a duplikáció is kialakult és szintén továbbfejlődött. A riboszómaszerű részecskék mind szorosabb kommunikációs kapcsolatba kerülhettek a kromatinszerű struktúrákkal (a köztük levő belső kommunikációt is sikerült modellezni[39]), s így a protosejtek lassan eljuthattak az identikus replikációhoz a korábbi – nukleinsavak nélküli – nem meghatározott replikációval szemben.

A fent ismertetett adatok és elképzelések szerint a genetikai apparátus korai evolúciójában az információ átadását a következő séma szerint

tételezhetjük fel: környezet → protoprotein → protein → RNS → DNS. A séma leggyengébb pontjai a protoprotein → protein, valamint a protein → RNS átmenet, bár néhány modellt már ezekre is kidolgoztak. Az mindenesetre bizonyosnak látszik, hogy az evolúciós folyamatban az RNS-ek hamarabb keletkeztek, és vettek részt, mint a DNS.

A nem-enzimatikus transzkripciós folyamatot (DNS → RNS) már szintén modellezték, habár a molekuláris specifitás reprodukálásához szükséges alapvető kísérletek még hiányoznak.

Az, hogy hogyan fejlődött ki a transzlációs információátadás (RNS → fehérje), még megoldatlan kérdés. Ezzel kapcsolatban egy primitív preriboszomális transzlációs rendszer létét feltételezték, amely az RNS-molekula cukor-foszfát gerincén levő 2'-hidroxil csoportok aminoacil-észtereinek felhasználásával jöhetett létre, amiben a heteropoli-nukleotidnak volt katalitikus hatása. Az így keletkezett polipeptid azonban kovalens kötéssel kapcsolódik az RNS-hez. Mivel a nukleinsavtól független szabad fehérjékre is szükség volt, a természetes szelekciónak eliminálnia kellett ezt a transzlációs mechanizmust, kivéve azt az esetet, amikor olyan komplex funkcióra is képes lehetett, mint például a riboszómákban. Az evolúció további lépései azonban még nem ismeretesek. Mindenesetre feltételezhető, hogy a genetikai kód a transzlációs mechanizmussal párhuzamosan fejlődött ki.

Az optikai izoméria kérdésére rátérve, a következő modellkísérletből lehet kiindulni: egy, a nukleotidok racém elegyében spontán keletkező polinukleotidlánc, amelyben a kétfajta konfigurációjú nukleotid vegyesen és statisztikus szekvenciával fordul elő, aligha vezethet egy, a bázis-komplementaritáson alapuló szekvencia replikációjához. Azaz hélix szerkezetet csak egy olyan lánc, vagy láncszegmens hozhat létre, amelyben azonos konfigurációjú nukleotidok vannak (akár *D*, akár *L*), ugyanis ezek az azonos konfigurációjú cukor komponenst tartalmazó hélixek tudnak legjobban vagy leggyorsabban replikálódni. Az ilyen láncok képződése bizonyos idő elteltével valószínű. A prekurzorok racém elegyéből a fentebb létrejött optikailag homogén polinukleotid templát jelenlétében, prebiotikus körülmények között, optikailag homogén komplementer szerkezeteknek kellett keletkezniük. Eszerint *L*- és *D*-polinukleotidok is létezhettek, mint azt Segal[40] feltételezi.

Ugyanez az eset tételezhető fel a poliaminosavak esetében is. A kétfajta makromolekula kölcsönhatásában pedig – itt a már említett inverz transzlációra és a primitív preriboszomális transzlációs folyamatra utalunk – az információátadásnál a szekvencia determináción kívül, az op-

tikai homogenitás determinációjának is meg kellett jelennie. Hogy miért a *D*-polinukleotidok és az *L*-fehérjék maradtak meg univerzálisnak az élő szervezetekben, erre bizonyára csak az evolúció és a szelekció molekuláris mechanizmusainak további kutatása ad majd választ. Ha viszont egyszer már olyan aszimmetrikus protoproteinek illetve proteinek jöttek létre, amelyek katalitikus szerepet töltenek be az anyagcsere folyamataiban, ezek az aszimmetria tartós forrásává váltak.

A primitív, sejtszerű szervezetek fejlődésében a létért való küzdelem valószínűleg döntő jelentőségű volt. A mutáción és a szelekción alapuló további fejlődést nagymértékben segíthette a nukleinsav mennyiségének sejtenkénti növekedése, mert így több információ tárolódhatott. Az evolúció során valóban megfigyelhető a nukleinsav tartalmának növekedése: a vírusokban 10^4–10^5, mikroorganizmusokban 10^6–10^7, a magasabb rendű állatokban pedig 10^8–10^9 nukleotidnyi DNS fordul elő. Ezt a következő példával lehet szemléletessé tenni: a baktérium körülbelül 1 mm hosszú DNS-t tartalmaz, az ember pedig olyan nukleotid szekvenciával bír, amely sejtenként eléri a 2 méteres hosszúságot. A szervezet bonyolódása tehát a program meghosszabbodását jelenti.

A fent említett laboratóriumi adatok segítségével bebizonyították, hogy a szerves anyag szervetlenből keletkezett, és megcáfolták azt az érvelést, miszerint egyszerű mozgásformák nem hozhatnak létre magasabb rendű mozgásformákat. Az a mélyen gyökerező felfogás, hogy egy olyan komplex rendszer, mint a genetikai apparátus, soha nem lehetett a ma ismert fizikai és kémiai törvényeken nyugvó folyamatok valamely kombinációjának eredménye, nagyon sokáig és nagymértékben befolyásolta a tudományos, többek között a filozófiai gondolkodást is. A modellkísérletek nagyszerű eredményei azonban ma már, ha távolról sem teljes, de legalábbis megközelítő magyarázatát adják a prebiotikus evolúciónak, ami egyben a földi élet kialakulása bizonyításának alapját képezi. Megdőlt továbbá az az elképzelés, miszerint az élet nem keletkezhetett a Földön, hanem valamely más bolygóról került ide. Filozófiai szempontból legfontosabb következtetés továbbá, hogy az élet létrehozásához semmiféle szellemi életerőre nem volt szükség.

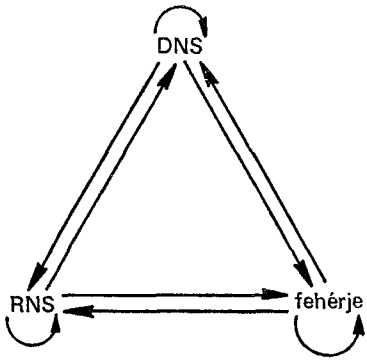
Eigen szerint[41] az anyag önszerveződése a komplementer felismerésen alapul, Pauling véleménye[42] szerint – ami az előző megállapítással szorosan összefügg –, a biológiai specifitás a komplementer molekuláris struktúrák közötti kölcsönhatás eredménye. A kölcsönhatásban a hidrogénhíd kötésnek van a legnagyobb jelentősége. Az ilyen típusú specifikus biológiai kölcsönhatások legkiemelkedőbb példája a DNS dupla hélix (kettős

spirál) szerkezete, az úgynevezett Watson–Crick-féle szerkezet. Általánosságban a DNS-templáton végbemenő polimerizációs folyamatok olyan molekulák kialakulásához vezetnek, amelyek nem szükségszerűen azonos szerkezetűek, de komplementerek.

A folyamatok megismerése mindig elválaszthatatlan a struktúra megismerésétől. Számos esetben, például a DNS esetében is a szerkezet megismerése vitte előre a tudományt a folyamatok megismerésében. Ez volt az oka annak, hogy az utóbbi évtizedben különösen előtérbe került az élő szervezetek struktúrájának vizsgálata. H. Varró Rózsa szerint[43] mind a struktúra, mind a funkció az analitikus megismerést követő szintézisek eredményeként tárul fel az emberi értelem előtt. Megismerésük már csak ellentmondásos egységük következtében sem válhat külön, bár feltárásukban bizonyos aránytalanságok, egymáshoz viszonyítva előrehaladás, illetve lemaradás tapasztalható. Valaminek a tudományos modelljét megalkotni csakis struktúrájának ismeretében lehet, a modellezés igénye tehát egyszersmind a struktúra ismeretének igényét is megköveteli.

Egy szervezett rendszerben a struktúra, funkció, rendezettség, önszabályozás mellett fontos tényező az információ is. Az ilyen rendszerben nemcsak anyag- és energiacsere fogja össze az elemeket, hanem információcsere is. Az információban, ebben az absztrakt egységben illeszkednek egymáshoz a különböző típusú rendezettségek. Információnak tekinthető minden kódolt és bekódolható, meghatározott feltételek között objektív értelemmel rendelkező, biológiailag rögzített jelrendszer. Ily módon információként kezelhető a DNS és az RNS bázissorrendje, ami az aminosav sorrendre, így a fehérje specifitására, ezen keresztül pedig a szervezet tulajdonságaira nézve tárol információt. Egy rendszer tagjai között így minden kölcsönhatás felfogható az információcsere problémájaként. Végső soron minden szervezett rendszer analizálható két fogalom segítségével: az egyik az információátadás, a másik a visszacsatolás által történő szabályozás. Minden anyagi struktúra egy információhoz hasonlítható abban az értelemben, hogy az általa tartalmazott elemek, atomok vagy molekulák természete és helyzete egy sor lehetőség közötti választás eredménye. Az ilyen típusú struktúra egy megfelelő kód szerinti izomorf transzformációval mindig átalakítható egy másik jelsorozattá, például RNS → fehérje átmenet.[44]

A genetikai szempontból fontos makromolekulák között történő információ átadását Crick az alábbi sémával demonstrálta 1958-ban:



Ha az összes lehetséges átmenet funkcionálna, majdnem lehetetlen lett volna egy használható munkahipotézis felállítása. Az analízis kiderítette, hogy az átmenetek három csoportba sorolhatók:

1. *a)* DNS → DNS
   b) DNS → RNS
   c) RNS → fehérje
   d) RNS → RNS

Az első pontba azok az átmenetek tartoznak, amelyek léte direkt vagy indirekt kísérletek alapján bizonyított volt. Az 1/d-t az RNS-vírusok léte bizonyította.

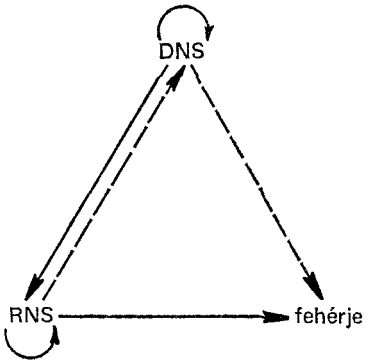
2. *a)* RNS → DNS
   b) DNS → fehérje

A 2/a-t az úgynevezett „reverse transcriptase" enzim léte bizonyítja, az a/b átmenetet Gamow[45] posztulálta, habár akkor az még nem volt bizonyítva.

3. *a)* fehérje → fehérje
   b) fehérje → RNS
   c) fehérje → DNS

Ezekre az átmenetekre addig még nem találtak élő példát.

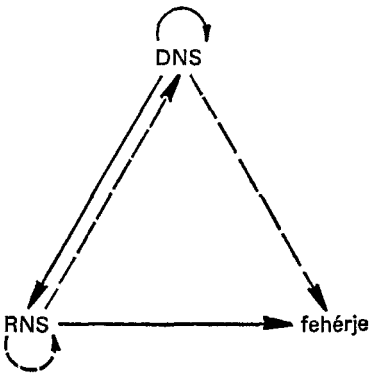
Az úgynevezett központi dogmát Crick tehát úgy posztulálta, hogy amennyiben a DNS szekvenciális információja egyszer már áttevődött a fehérjékbe, az már információként tovább nem funkcionál. A séma így az alábbiak szerint módosult:



1963-ban Cavalieri[46] kimutatta, hogy DNS-polimeráz enzimek jelenlétében in vitro RNS-ek is templátként szolgálhatnak a DNS-szintézishez. Pár évvel később, 1970-ben Temin és Baltimore[47] egymástól függetlenül fedezték fel, hogy bizonyos RNS-vírusokban RNS-függő DNS-polimerázok vannak jelen. A jelenséget, amit terminizmusnak neveztek el[48], sokoldalúan értelmezték. Így például Temin már a központi dogma fordított változatáról és annak a rákkutatásban történő alkalmazhatóságáról beszélt. Az RNS-függő DNS-polimeráz aktivitást később más típusú, nem onkogén vírusokban, valamint egészséges és tumoros emlős, így emberi sejtekben is kimutatták in vitro.[49] In vivo azonban csak vírusinfekció esetében tudták észlelni. A vírusfertőzés biokémiájától eltekintve, a DNS-polimeráz enzim sejtbeli funkcióját még nem sikerült bebizonyítani. H. Varró Rózsa Temin kísérleteiből és elméletéből, miszerint a normál sejtek DNS-ének vannak olyan régiói, melyek az RNS-szintézishez templátul szolgálnak, és fordítva, a következő általános érvényű következtetést vonta le: a fordított irányú információ áramlásának gondolata, *aminek szélesebb körű filozófiai jelentősége van, nem ismeretlen a tudomány előtt.* Hozzáteszi, hogy ezzel zárttá vált az a körkörös hatáslánc, ami a szabályozottságra alapvetően jellemző.

E fordított irányú információátadás ismerete természetesen nagyon lényeges, a Temin-féle általánosítás azonban csak bizonyítás esetén fogadható el. Véleményünk szerint azonban ez a körkörös hatáslánc létét nem bizonyítja, mivel az információ ellentétes irányú áramlása még a vírusinfekció esetében sem a fehérjéktől indul ki. Jelenlegi ismereteink szerint a genetikai apparátus működésében a szabályozás az úgynevezett operon modell szerint történik és itt van zárt, körkörös hatáslánc is.

A fent említett kísérleti tényeket maga Crick is figyelembe vette 1970-ben közölt cikkében, s ennek megfelelően az úgynevezett központi dogma csoportnómenklatúráját megváltoztatta, de ez a sémát alapvetően nem érintette. A kilenc lehetséges transzfert ismét három (általános, specifikus és ismeretlen) transzferek csoportjába osztotta, aminek sematikus modellje így néz ki:



*Általános*nak nevezi azokat a transzfereket, amelyek minden élő sejtben megtalálhatóak:

DNS → DNS
DNS → RNS
RNS → fehérje

*Speciális*ak azok, amelyek nem minden sejtben fordulnak elő, de előfordulnak speciális körülmények között:

RNS → RNS
RNS → DNS
DNS → fehérje

Ezek közül az első kettőt csak vírusinfekciót szenvedett sejtekben mutatták ki in vivo. Az RNS → DNS átmenetet in vitro vírusok jelenléte nélküli normál sejtekben is demonstrálták. A DNS → fehérje átmenetet eddig csak speciális sejtmentes rendszerekben tudták kimutatni, amelyek Neomycin nevű antibiotikumot tartalmaztak. Az úgynevezett *ismeretlen* transzferek a központi dogma szerint sohasem fordulnak elő a ma létező biológiai rendszerekben:

fehérje → fehérje
fehérje → DNS
fehérje → RNS

Cricknek az a megjegyzése, hogy az ismeretlen transzferek csak a ma létező rendszerekre nem érvényesek, de létezhettek az élet kezdetén és a kód kifejlődésekor fennállott információs kapcsolatokban, lényegbevágó a már korábban is említett evolúciós elméletek szempontjából.

Meg kell még jegyezni, hogy a fehérje → fehérje átmenetre Lippmann szolgáltatott kísérleti adatokat in vitro rendszerben. Ez viszont azt jelenti, hogy ennek az átmenetnek a speciális transzferek között volna a helye, hiszen a DNS → fehérje átmenetet is csak in vitro demonstrálták.

A fenti csoportosítás szerint tehát azok tekinthetők speciális transzfereknek, melyekkel kapcsolatban a legnagyobb a bizonytalanság. Ha ezek közül bármelyik általánosnak bizonyulna, ez alaposan megbolygatná a molekuláris biológiát.

A molekuláris genetika elsősorban az öröklődés és a változékonyság kémiai és fizikai alapjait vizsgálja. Az öröklődést ma az információ, az információ-átadás és a kód fogalmaival írjuk le, az élőlény szaporodását pedig alkotó molekulái reprodukciójaként értelmezzük. Az élőlény tehát az öröklődés által előírt program megvalósulása.

Az öröklődés fő elve a struktúrák és a kémiai reakciók szaporodással történő reprodukálása. E nélkül nincs élőlény. A többi, a formák különbözősége, a sejtek differenciálódása, az evolúció során keletkezett. Felmerül azonban a kérdés: mit nevezünk élőnek, mikor mondhatunk egy rendszert élőnek? A kérdést nemcsak biológusok, hanem filozófusok is felteszik. A probléma megoldása egyúttal választ ad arra a kérdésre is, hogy egyetlen makromolekula már élőnek tekinthető-e?

Az élet eredetét megvilágító természettudományos magyarázatokat bizonyos értelemben megelőzve, Engels foglalkozott az élet lényegét, a biológiai mozgásformát érintő kérdésekkel. Engels klasszikus definíciója szerint „az élet a fehérjetestek létezési módja, és ez a létezési mód lényegében kémiai alkotórészeinek táplálkozás és kiválasztódás útján végbemenő állandó megújításából áll".[50] Engels megfogalmazása igen nagy jelentőségű. Az azóta eltelt több mint száz év alatt igen nagy hatást gyakorolt a filozófiára és a természettudományos kutatás koncepciójára. Ezt a definíciót azonban ma éppoly kritikus szemmel kell vizsgálni, mint minden más tudományos állítást.

E definíció szerint az élet létezési mód, a megfelelő szervezettségi fokra

eljutott anyag mozgásformája, amely minőségileg különbözik a mechanikai, fizikai és kémiai mozgásformáktól. E létezési módot az anyagi szubsztrátum kémiai elemeinek szakadatlan megújulása jellemzi. Az engelsi definíció ebben az általános formában nem vezet semmiféle ellentmondásra és ma is igaznak tekinthető. Az a megállapítás viszont, miszerint az anyagi szubsztrátum a fehérje, ma már nem elfogadható. Az élet fogalma ugyanis nem szűkíthető le egyetlen molekulafajtára. Hiábavaló volt továbbá eddig minden olyan irányú kísérlet, hogy ezt a szubsztrátumot kémiai összetétele szerint meghatározzák. Az élő anyag különféle, már eredetileg is igen bonyolult objektumokat magába foglaló strukturált építmény; „a sejtben semmi sem élő, csak maga a sejt egésze", önmagában a genetikai apparátus sem tekinthető élőnek, vagy az élő anyag alapegységének, mivel térbeli és időbeli funkcionálását csak a sejt struktúrája és metabolizmusa biztosítja. Oparin definíciója szerint[51] élőnek csak a teljes, sokmolekulájú metabolikus komplexet ismerhetjük el a maga térbeli és időbeli specifikus organizációjával, meghatározott struktúrájával, reakcióinak meghatározott egymásutánjával és összhangjával. Ezt az organizációt elsősorban az jellemzi, hogy a komplex valamennyi része maximálisan alkalmas az élethez szükséges meghatározott funkciók együttes teljesítésére, a komplexum egészének organizációja pedig a külső környezet adott feltételei között a komplexum önfenntartására és önreprodukciójára irányul. E definíció szerint az élet kezdetét az említett protosejtek megjelenése jelentette.

JEGYZETEK

[1] *Rajki Sándor–Dévai Márta:* Anyagcsere és öröklékenység, avagy ősziesítés mint mikroevolúció. Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár 1972.

[2] *I. Herskowitz:* Genetics. Boston and Toronto 1965.

[3] *N. P. Dubinyin:* Általános genetika. Akadémiai Kiadó; *W. Bateson:* Mendel's Principles of Heredity. Cambridge 1909.

[4] *C. B. Bridges:* Non-disjunction as Proof of the Chromosome Theory of Heredity. Genetics, 1916. 1/I. 107. old.; *R. B. Goldschmidt:* Theoretical Genetics. Berkeley 1955.

[5] *J. Lamarck:* Zoologische Philosophie. Leipzig 1903.; *Ch. Darwin:* The Origin of Species. London 1892.

[6] *A. Weismann:* Die Continuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der

Vererbung. Ein Vortrag. Jena 1892.; *R. E. Cleland:* A Case History of Evolution. Proc. Indiana Acad. Sci., 1960. vol. 69. 51. old.

[7] *W. Johannsen:* Elemente der exakten Erblichkeitslehre. Jena 1909.

[8] *T. H. Morgan:* Sex Limited Inheritance in Drosophila. Science, 1910. vol. 32. 120. old.

[9] *T. D. Liszenko:* Izbrannie szocsinyenyija. Moszkva 1958.

[10] *F. Sanger–G. M. Air–N. L. I. Brown–A. R. Coulson–C. Fiddes–C. A. Hutchison–P. M. Slocombe M. Smith:* Nucleotide Sequence of Bacteriophage $\varphi \times 174$ DNA. Nature, 1977. vol. 265. 687. old.

[11] *V. B. Reddy–B. Thimmappaya–R. Dhar–K. N. Subramanian–B. S. Zain–J. Pan–P. K. Enosn–M. L. Celma–S. M. Weissman:* The Genome of Simian Virus 40. Science, 1978. vol. 200. 494. old.

[12] *J. P. LePennec–Pl. Baldhocci–F. Perrin–B. Cami P. Gerlinger–A. Krust–R. Konrilsky–P. Chambon:* The Ovalbumin Split Gene: Molecular Cloning of Eco RI fragments „c" and „d" Nucl. Ac. Res. 1978. vol. 5. 4547–4562. old.

[13] *S. E. Luria–M. Delbrück:* Mutations of Bacteria from Virus Sensitivity to Virus Resistance. Genetics, 1943. vol. 28. 491. old.

[14] *H. J. Muller:* The Nature of the Genetic Effects Produced by Radiation. Radiation Biology. New York 1954. 7. old.

[15] *O. T. Avery–C. M. Mac Leod–M. McCarthy:* Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types (III. Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from Pneumococcus Type) J. Exp. Med., 1944. vol. 79. 137. old.

[16] *E. Chargaff–J. N. Davidson:* The Nucleic Acids. New York 1955.

[17] *J. D. Watson–F. H. C. Crick:* A Structure for Desoxyribonucleic Acid. Nature, 1953. vol. 171. 737. old.

[18] *G. S. Stent:* Molecular Biology of Bacterial Viruses. San Francisco 1963.

[19] *I. H. Herskowitz:* Brith Defects and Chromosome Changes. Nucl. Information., 1960. vol. 3. 4. old.

[20] *A. Kornberg:* The Enzymatic Synthesis of DNA. London 1961.

[21] *M. Meselson–F. W. Stahl:* The Replication of DNA Escherichia Coli. Proc. Nat. Acad. Sci. U. S., 1958. vol. 44. 671. old.

[22] *R. Okazaki–T. Okazaki–K. Sakabe–K. Sugmoto–A. Sugino:* Mechanism of DNA Chain Growth. (I. Possible Discontinuity and Unusual Secondary Structure of Newly Synthesized Chains. Proc. Nat. Acad. Sci. U. S., 1968. vol. 59. 598. old.

[23] *P. Setlow–A. Kornberg:* Desoxyribonucleic Acid Polymerase: Two Distinct Enzymes in One Polypeptide (II. A Proteolytic Fragment Containing the 5'–3' Exonuclease Function. Restoration of Intact Enzyme Functions from the two Proteolitic Fragments.) J. Biol. Chem., 1972. vol. 247. 232. old.

[24] *Lenin:* Materializmus és empiriokriticizmus. (LÖM 18. köt.) Kossuth Könyvkiadó 1964. 245. old.

[25] *F. H. C. Crick:* On Protein Synthesis. Symp. Soc. Exp. Biol., 1958. vol. 12. 138. old.

[26] *M. B. Hoogland–P. C. Zamechnik–M. L. Stephenson:* Intermediate Reactions in Protein Biosynthesis. Biochim. Biophys. Acta, 1957. vol. 24. 215. old.

[27] *S. Ochoa:* Chemical Basis of Heredity, the Genetic Code. Experientia, 1964. vol. 20. 57. old.

[28] *F. Jacob J. Monod:* Genetic Regulatory Mechanism in The Synthesis of Proteins. J. Mol. Biol., 1961. vol. 3. 318. old.

[29] *R. W. Holley-J. Apger-G. A. Everett-J. T. Madison-M. Marquisee-S. H. Merill-J. R. Penswick-A. Zamir:* Structure of a Ribonucleic Acid. Science, 1965. vol. 147. 1462. old.
[30] *H. G. Khorana-H. Büchi-T. M. Jacob-H. Kossel-S. A. Narang-E. Ohtsuka:* Studies on Polypeptides LXI. Polynucleotide Synthesis in Relation to the Genetic Code. J. Amer. Chem. Soc., 1967. vol. 89. 2154. old.
[31] *S. Lee Huang-S. Ochoa:* Messenger Discriminating Species of Initiation Factor F_3. Nature, 1971. vol. 234. 236. old.
[32] *F. H. C. Crick:* Codon-Anticodon Pairing: The Wobble Hypothesis. J. Mol. Biol., 1966. vol. 19. 548. old.
[33] *M. Nirenberg-P. Leder:* RNA Codewords and Protein Synthesis. Science, 1964. vol. 145. 1399. old.
[34] *H. M. Temin-S. Mizutani:* RNA-depandent DNA Polymerase in Virions of Rous Sarcoma Virus. Nature, 1970. vol. 226. 1211. old.
[35] *F. H. C. Crick:* Central Dogma of Molecular Biology. Nature, 1970. vol. 227. 561. old.
[36] *J. C. Lacey-K. M. Pruitt:* Origin of the Genetic Code. Nature, 1969. vol. 228. 799. old.
[37] *F. Lipmann:* Attempts to Map a Process Evolution of Peptide Biosynthesis. Science, 1971. vol. 173. 875. old.
[38] *T. V. Waehneldt-S. W. Fox:* The Binding of Basic Proteinoids with Organismic or Thermally Synthesized Polynucleotides. Biochim. Biophys. Acta. 1968. vol. 160. 239. old.
[39] *S. W. Fox:* Proc. First. Europ. Biophys. Cong. Baden 1971. vol. 4. 533. old.
[40] *H. L. Segal:* On the Origin of Stereospecificity in Biological Systems. FEBS Letters, 1972. vol. 20. 255. old.
[41] *M. Eigen:* Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. Die Naturwiss., 1971. vol. 58. 465. old.
[42] *L. Pauling:* Molecular Basis of Biological Specifity. Nature, 1974. vol. 248. 769. old.
[43] *H. Varró R.:* Dialektika az élő természetben. Kossuth Könyvkiadó 1974.
[44] *F. Jacob:* A tojás és a tyúk. Európa Könyvkiadó 1974.
[45] *G. Gamow:* Possible Relation between Desoxyribonucleic Acid and Protein Structures. Nature, 1954. vol. 173. 318. old.
[46] *L. F. Cavalieri-E. Caroll:* RNA as a Template with F. coli DNA Polymerase. Biochem. Biophys. Res. Comm., 1970. vol. 41. 1055. old.
[47] *D. Baltimore:* Viral RNA-dependent DNA Polymerase. Nature, 1970. vol. 226. 1209. old.
[48] *J. N. Davidson:* The Biochemistry of Nucleic Acids. Chapman and Hall 1972. 258. old.
[49] *G. E. W. Wolstenholm-M. O'Connor:* Ciba Foundation Symp.: The Strategy of the Viral Genome. London 1971.
[50] *F. Engels:* A természet dialektikája. (MEM 20. köt.) Budapest 1963. 670. old.
[51] A modern természettudományok filozófiai problémái. Akadémiai Kiadó 1962. 411., 415–416. old.

H. VARRÓ RÓZSA

A környezetvédelem főbb elméleti és filozófiai kérdései

A környezetvédelem számos társadalomfilozófiai problémát vet fel, melyek megválaszolásához egy általánosabb és absztraktabb megközelítés, mégpedig a „környezet" foglamának dialektikus materialista elemzése szolgálhat alapul.

A környezet fogalmát szinte mindmáig csak konkrét értelemben használták. A mindennapi életben a települést körülvevő tájnak, a lakókörnyezetnek és az ember mikrofeltételeinek értelmében használják ezt a fogalmat. A szociológiában a szélesebb értelemben vett társadalmi feltételeket, munkahelyi körülményeket, a szociális környezetet; az orvostudományban a higiénés és mentális faktorok jelenlétét; a pedagógiában az iskolai és a családi miliőt; a biológiában az élőlényeket körülvevő és befolyásoló élő és élettelen hatások összességét értették környezeten.

A *környezet* azonban mint meghatározott konkrét tartalmaktól elvonatkoztatott absztrakt fogalom is létezik. Aktuálisnak tűnik a probléma filozófiai megfogalmazása, nevezetesen annak definiálása, hogy általában mit értünk, vagy érthetünk a konkrétumoktól elvonatkoztatott környezet fogalmán. Ezzel együtt szükségesnek látszik közös fogalommal jelölni a jelenség, dolog vagy esemény összességét, azt, *aminek* a környezetéről általában beszélünk. Tisztázni kell továbbá a környezet és „aminek a környezete" közötti dialektikus kapcsolat mibenlétét és ezek más filozófiai kategóriákhoz való viszonyát. Az alábbiakban erre teszünk kísérletet. Már most felhívjuk a figyelmet arra, hogy ezeket az elképzeléseket a kiérleltség jelen fokán csak munkahipotézisnek tekintjük, és a címben is jelzett témakör komplexebb filozófiai kifejtése céljából tesszük.

A környezet mint filozófiai fogalom valójában nem egyedülálló kategória, hanem egy fogalompárnak egyik tagja.

A környezet etimológiailag mindig *valaminek* a környezetét jelenti, ezért egy kétkompenensű rendszernek fogható fel, melyben a komponenseknek csak egymáshoz viszonyítva van értelmük. A környezet anti-

pólusának jellemzésére célszerűnek látszik egy újabb terminus bevezetése, ami jobb híján legyen a „körülvett" fogalma.[1]

Ennek megfelelően a *környezet* a valóságnak mindig olyan részhalmaza, amely csak a körülvett vonatkozásában alkot összefüggő egészet, a *körülvett* pedig környezete által határolt, és éppen az utóbbihoz való viszonyában alkot sajátos belső egységet, mert belső kohéziós erői is a környezet hatására jönnek létre. A körülvett, éppen azért, mert a környezet által határolt, mindig vagy egyetlen rendszer, vagy a rendszerek szubordinált egysége. A körülvetthez képest viszont a környezet sokténye*z*ős rendszer, melyet egységbe foglal ugyan ama funkció, hogy környezeti faktorai a körülvettnek, de hatásukat külön-külön és együttesen is kifejthetik. Következésképpen a környezet a körülvetthez való viszonyában tagoltabb, és faktorainak egysége is nagyobbrészt abból származik, hogy valaminek a „környezetét" képezik.

A környezet és a körülvett viszonya tér–időbeli kapcsolatot is kifejez: térbelileg az enkaptikus jelleg, az egymásba helyezettség, és nem pusztán az egymásmellettiség jellemzi őket. A környezet térbeli elhelyezkedését tekintve mindig külsődleges a körülvetthez képest, mely külsődlegesség természetesen nem zárja ki a közöttük levő kapcsolat belső, tartalmi értékét. Időbelileg az egyidejűség a jellemzőjük. Ez utóbbiból adódik, hogy nincs közöttük genetikus kapcsolat, egyik sem hozza létre a másikat, egymásból nem vezethetők le, hanem kölcsönösen és egyszerre hozzák létre egymást. Mint az anyagi valóság egy-egy része, a környezet komponensei létezhettek előbb, mint ahogy a körülvett megjelent, de csak ez utóbbival való kapcsolatukban szerveződtek környezetté. A körülvett egyes elemei szintén megelőzhetik időben a környezet szerveződését, de akkor az még nem környezet, hiszen nincs minek a környezete legyen. Amikor a környezet megjelenik, akkor már a körülvett nemcsak elemeiben és részleteiben létezik, hanem a kialakult környezethez való viszonyában egységes egészként – *körülvettként.*

E szigorú és kölcsönös megfeleltetés megkönnyíti a fogalmak különkülön történő definiálását is, mely szerint a *körülvett a konkrét anyagi rendszerek létfeltételeiktől függő egzisztálásának megjelölésére szolgáló fogalom, míg a környezet bármely létező aktuális létfeltételeinek összessége, a vele kölcsönhatásban levő tényezők teljes rendszere.*

Ezzel kapcsolatban szükségszerűen jelentkezik az az igény, hogy legalább két, a filozófiában már régen használatos kategóriához viszonyítsuk *a környezet és a körülvett* fogalmát, nevezetesen *a feltételhez és az oksághoz.* Kérdés, hogy érdemes-e a környezet fogalmát megkülönböztetni

a feltételtől. Mint láttuk, magát a környezetet épp annak segítségével jellemeztük. A kettő azonban mégsem azonosítható egymással. A feltétel lehet valamely jelenség keletkezésének feltétele, de az még ebben az esetben, sőt még a feltételek komplexuma esetén sem környezet, mert nincs aminek a környezete legyen. A „jelenség keletkezésének feltétele"-i, illetve azok elemei differenciálódva és integrálódva mintegy kettéválnak, és az egyik csoportból a környezet, a másikból a körülvett jön létre. Ez magyarázza egyidejűségüket és fogalmi elkülönítésük szükségességét. Ez utóbbit még az is indokolttá teszi, hogy feltételen általában az adott jelenség szempontjából pozitívan ható tényezők összességét értjük, míg a környezet a pozitív és a negatív módon ható elemeket egyaránt magába foglalja.

A környezet–körülvett mint páros fogalmak formailag és tartalmilag is mutatnak bizonyos rokonságot az ok–okozat fogalompárral, mégpedig – mint alább kifejtjük – az egymásba való átalakulás és az egymásra hatás értelmében. Ennek ellenére a két fogalompár nem azonosítható egymással, mert az oksági kapcsolat legfőbb jellemzője, hogy az ok megelőzi és kiváltja az okozatot, vagyis az oknak primátusa van az okozattal szemben. A körülvett–környezet egymáshoz való viszonya pedig éppen ezen a ponton különbözik az előbbitől, amennyiben a környezet nem előzi meg, nem hozza létre, és abszolút értelemben nem határozza meg a körülvettet. Más kérdés, hogy ez a viszony tartalmaz oksági összefüggéseket is. A környezet bizonyos komponensei megelőzve a körülvett megjelenését, annak mind keletkezésében, mind alakulásában okként is szerepelhetnek.

A környezet és a körülvett – mint láttuk – egy differenciálatlan feltételrendszer továbbszerveződésének folyamán különül el egymástól, ezért különbségük ezt követően is viszonylagos.

A környezet mint a körülvetthez képest külsődleges elem, képes belsővé válni azáltal, hogy a körülvettre való ráhatása útján ez utóbbiban tükröződik, illetve egyéb változásokat produkál. Ebben az értelemben a környezet körülvetté válik, miként a másik oldalról közelítve azt látjuk, hogy a körülvett maga is oly mértékben hat környezetére, hogy a hatás szempontjából ő válik környezetté és a környezet körülvetté, azaz helyet cserélnek egymással. Ez azonban nem jelenti a koordináták rögzíthetetlenségét, vagyis azt, hogy egy adott időpillanatban és viszonyítási rendszerben ne lenne megkülönböztethető a környezet és a körülvett. Kölcsönhatásuk előbbi típusa azonban mindenképpen igen fontos, mert ez az egyik sarkalatos pontja a probléma ama általános dialektikus

materialista szintű megalapozásának, ami nélkül a környezetvédelem konkrétabb filozófiai-társadalomelméleti vizsgálatában nem juthatunk a kívánatos eredményre.

A környezet és a körülvett egymásba való átmenetének gondolatához, dialektikus viszonyuk kérdéséhez a félreértések elkerülése céljából az *alábbi megszorítást fűzzük:*

– Az átmenet csak abban a relációban igaz, hogy a körülvett és a környezet kapcsolata mindig ellentmondásos viszony, s az ellentétek egymásba való átmenete mint lehetőség *bizonyos* relációban itt is fennáll. Ez azonban nem jelenti a két fogalom által képviselt jelenségek teljes és minden értelemben vett helycseréjét.

– Következésképpen kimondhatjuk, hogy a környezet–körülvett fogalmak bármennyire is csak egymás vonatkozásában bírnak értelemmel, és bizonyos vonatkozásban helyet is cserélhetnek egymással, viszonyuk mégsem szimmetrikus.[2] Aszimmetriájuk minőségileg és mennyiségileg értendő. Aminek környezete van, rendszerint (de nem mindig!) az a fejlettebb, rendezettebb, s ezért bármennyire is függ a környezettől, annak hatását képes megszűrni, kiválogatni, transzformálni. Mennyiségileg viszont fordított a helyzet, ti. a környezet kiterjedtebb, és többkomponensű jelenséghalmaz vagy jelenségek rendszere.

– Ha a környezet és a körülvett egymásba való átmenete abszolút módon következnék be, akkor ez mindkét jelenségcsoport, illetve anyagi rendszer megszűnését, alapvető minőségi átalakulását jelentené. Ha például az emberi társadalom és környezete teljesen szimmetrikus viszonnyá alakulna oly módon, hogy a társadalom éppen annyira környezetévé válna a természetnek, mint fordítva, akkor joggal feltételezhetnénk, hogy ez oly mérvű változást idézne elő, hogy az ember nemcsak a jelenlegi természetet szüntetné meg, hanem önmagát is, mint emberi társadalmat.[3]

Éppen ezért a környezet–körülvett viszony dialektikus értelmezésének kitüntetett helye van az élővilág, valamint a társadalom jelenségeinek vizsgálatában egyaránt.

Az élővilágban a környezet-körülvett dialektikus fogalompár redukálódik és konkretizálódik az élőlény különböző szerveződési szintjeinek (individuális és kollektív) és az ezekre bármilyen hatással lévő biotikus, abiotikus és társadalmi tényezőknek az egymáshoz való viszonyára. Az élővilág kizárólag megjelenésével alakítja át feltételeit környezetté, szervezi önmagát körülvetté és megfordítva. Az élővilág és az aktuális feltételek viszonya egyértelműen mutatja a körülvett és a környezet dialektikus kapcsolatának valamennyi konkrét létezési formáját: egymásra vonatkoztatottságukból eredő értelmüket, kölcsönös függésüket, egymásba való dialektikus átalakulásukat és áthatásukat. A körülvett és a környezet egymásba való dialektikus átmenete az élővilágnak az élettelen környezetre gyakorolt hatásában is megvalósul, amikor az élőlény maga is az előzőekben környezetként definiált komponensek részhalmazának környezetévé válik. Így hatást gyakorol *Földünk éghajlatára*, az oxigén-, a széndioxid-, a nitrogén- és a páratartalom, valamint a vízgazdálkodás befolyásolása révén; *Földünk energetikai állapotára* a napenergia megkötése, a környezet hőszabályozása, a litoszféra összetételének befolyásolása, a Földre érkező kozmikus energia megszűrése és a Föld energiaforrásainak módosítása útján. Végül, a talaj radikális átalakítása és a felszín geológiai átalakulásaira gyakorolt hatása útján létrehozott változások alapján joggal mondhatjuk, hogy az élővilág a Föld élettelen szférájának környezetét képezi.

Az élőlények létével és élettevékenységével a környezet körülvettbe és fordítva történő átalakulása veszi kezdetét. A környezeti feltételek az átasszimilálódás és a visszatükröződés értelmében maguk is a körülvett részeivé váltak, és megfordítva. Az asszimiláció mindig átasszimilálás is, azaz a külső feltételek belsővé tételének sajátos biológiai megvalósulása. A környezetből származó fajidegen anyagokat az élőlény fajspecifikussá alakítja, valamint a környezet tér–időbeli viszonyait sajátos belső periodicitássá, ritmikussággá, ismétlődéssé, s az élőre jellemző sajátos tér–idő struktúrává alakítja át. De az ezzel ellentétes irányú folyamat is, vagyis a belső külsővé válása is lejátszódik, amikor a belső úgy válik külsővé, hogy megjelenik a belső környezet, a „milieu interieur", amikor a szervezet egy része a többiek számára környezetként funkcionál. Az élőlények azáltal, hogy közvetlen hatást gyakorolnak a környezetre, s hogy pusztulásukkal végül is az élettelen környezet részeivé válnak,

maguk is környezetként funkcionálnak. A körülvett és a környezet dialektikus viszonya azonban nemcsak az élő és élettelen relációjában mutatkozik meg. Az élőlények egymás számára is környezetet jelentenek akár oly módon, hogy az egyik a másik táplálékát képezi, akár úgy, hogy az élőlények egyik csoportja átalakítja vagy módosítja azokat a feltételeket, amelyek egy másik csoport számára környezetként funkcionálnak. Az élőlény és a környezet közötti kölcsönhatás olyannyira lényeges, hogy azt egy önálló biológiai diszciplína, az *ökológia* tanulmányozza. Az ökológia fogalomrendszeréből és az általa tanulmányozott törvényszerűségekből egyaránt kitűnik, hogy az élő biotikus és abiotikus elemekből összetevődő környezetben él, s hogy a körülvett és a környezet egymásba való átmenete itt is tapasztalható. Sőt, már az ökológia fogalmának definiálása is ezt az egységet hangsúlyozza, amennyiben: az „ökológia az élőlények + a környezet sokrétű összetett rendszerének tudománya"[4]. Az ökológia által tanulmányozott összetett rendszer – az *ökoszisztéma* ugyancsak az élő és a környezet egységét foglalja magába. Erről a kérdésről korunk egyik leghíresebb ökológusa, Odum így ír: az „életközösség és az élettelen környezet mindig ökológiai rendszerként vagyis ökoszisztémaként funkcionál"[5]. Az ökoszisztéma tehát „nemcsak az élő szervezeteket (biome) foglalja magába, hanem azokat a fizikai tényezőket is, melyek a biome környezetét alkotják"[6]. Ezt egy másik szerző a következőképpen fogalmazza meg: „valamely élőlény környezetéhez tartozik minden olyan környezeti elem, amellyel az közvetlenül vagy közvetve kapcsolatban áll"[7].

Az élőlények és a környezet kapcsolatát az ökológia egy térbelileg, de elsősorban strukturálisan és funkcionálisan viszonylag jól körülhatárolt rendszer keretein belül, az ökoszisztémában vizsgálja. Ez egy többékevésbé elhatárolt körzetből, mégpedig különböző csoportok számára életfeltételként funkcionáló *biotóp*ból, valamint az ezen a területen található életközösségek együtteséből áll. A környezet és a körülvett dialektikája itt több dimenzióban érvényesül. A biotóp a rajta vagy benne lévő élőlények mindegyikének környezetét képezi, míg az egymással szaporodási, táplálkozási és egyéb közösségben élő populációk egymás számára ugyancsak környezetet jelentenek. Az egymás mellett levő ökoszisztémák (így például egy tó, láperdő, sztyeppe) egymás számára szintén környezetként lépnek fel, továbbá mindegyiknek környezetét képezi a vele kapcsolatban álló és rá visszaható emberi közösség is a maga művi környezetével együtt. Végül az ökoszisztémák összességének, az *ökoszféra*nak környezete a Földünkre ható tényezők mindegyike, melyek naprendszerünk-

ből érik a Földet. Ezért nem véletlen, hogy némi leegyszerűsítéssel az ökológiát környezettannak is nevezhetjük, mert az élő és környezete oly szoros kapcsolatban áll egymással, és oly szerves belső hatásmechanizmust hoz létre, hogy egymástól való megkülönböztetésük meglehetősen önkényes.

Mindebből az is következik, hogy a környezetnek – a maga dialektikus értelmének megfelelően – kitüntetett szerepe van az élővilág keletkezésében, létében és fejlődésében. Így például a faj állandóságának és változékonyságának forrása végső soron a környezete és ezek révén visszahat arra.

Mindezek alapján nem tekinthető véletlennek az sem, hogy a biológia tudományának fejlődésében fordulópontot jelentő nagy felfedezések és irányzatok rejtett vagy nyílt formában a környezet és a szervezet viszonyát is érintették.

II

Sajátos szerepe van a környezet kérdésének az ember és az élő környezet viszonyában.

Eddig a környezethez való viszonyt elsősorban mint az élőnek az élettelen feltételekhez, valamint a különböző populációknak az egymáshoz való kapcsolatát értelmezték. Most az emberi társadalmat és az azt körülvevő élővilágot mint egymás kölcsönös környezetét vizsgáljuk meg.

Ez a kérdéskör csak egy része – bár igen fontos része – az emberi társadalom és a természet szélesebb értelemben felfogott viszonyának, aminek igazi természetét és lényegét Marx és Engels tárták fel.

A marxizmus klasszikusai számára oly magától értetődő volt a természet és társadalom egysége, hogy Marx joggal jelentette ki: nem az egység szorul magyarázatra, „hanem az emberi létezés e szervetlen feltételei és e tevékeny létezés közötti elválás"[8]. Ahogy a marxizmus az embert az állatvilágból eredezteti, és ahogyan az állatvilágból való kiemelkedést értelmezi, alapvető jelentőségű nemcsak az idealizmus elleni harcban és a fejlődéselméletben, hanem az ember és a természet világa valamennyi elvi kérdésének helyes felfogásában. Az embernek az állatvilágból való kiemelkedése nem más, mint a környezethez való kapcsolata változásának, újabb és újabb formái megjelenésének megnyilvánulása.

A marxizmus klasszikusai – mint ismeretes – az embernek az állatvilágból való kiemelkedését a munkára vezetik vissza, s a munkát, a termelést mint a természettel folytatott sajátos anyagcserét értelmezik. A munka az anyagcserén túl megteremti a természethez való viszony mindazon sajátosságát, amely megkülönbözteti az ember környezethez való viszonyát minden más élőlénynek a környezethez való viszonyától. Ennek csupán néhány megnyilvánulását emeljük ki:

1. Az ember és természeti környezetének sajátosságát az fejezi ki, hogy az ember az egyetlen élőlény, amely – Engels szavaival: „elterjedt az egész lakható Földön, mint az egyetlen állat, amely önmagában teljhatalommal rendelkezett ehhez"[9]. Ezt nem immanens biológiai adottsága, hanem munkavégzése tette lehetővé. Az ember környezete a történelem során extenzív és intenzív értelemben vett *táguló környezetté* vált. Ennek legutóbbi példája a különböző ipari létesítmények a szibériai tajgában, vagy az űrhajózás.

2. A környezethez való viszony azon jellegzetessége is a munkából származik, hogy az ember – más élőlényektől eltérően – környezetét önmaga igényeihez alakítja.

3. Ez utóbbi a környezethez való viszony egy további sajátosságát eredményezi, nevezetesen: az ember természet feletti uralmát, mely minden korlátozottsága és ellentmondásossága mellett is egyedülálló jelenség.

4. A közös származás, valamint a genetikailag determinált alapvető morfo-fiziológiai egység mellett végül is a munkának köszönhető az emberiség azon sajátossága, hogy nagyfokú variabilitása ellenére megőrizte egységes faji jellegét, s mint egységes faj viszonyul környezetéhez. Minden más élőlény esetében egy ilyen nagyfokú területi szétszórtság, s az ezzel járó földrajzi és szexuális izoláció lehetősége egy olyan divergenciát indított volna meg a fajon belül, hogy ez új fajok megjelenéséhez vezetett volna. Hogy ez az emberiség esetében nem következett be, jelentős mértékben a munkával függ össze, mégpedig több vonatkozásban, amire az alábbiakban térünk ki.

A munkamegosztás, majd a kereskedelem megjelenése állandóan megbontja, sőt legtöbb esetben nem is engedi kialakulni a földrajzi és szexuális izoláció olyan tartós formáját, amely biológiai izolációhoz vezetne. Így például a népvándorlás, a területszerző háborúk, a kereskedelemmel járó helyváltoztatás, a gyarmatosítás stb. szintén olyan társadalmi, nagyrészt a termelés adott formájával összefüggő jelenségek, melyek az egységes fajt megbontó biológiai izoláció ellenében hatottak.

Ha az itt említett keveredési lehetőségek egyike sem létezett volna, ak-

kor is feltételezhetnénk, hogy az emberi fajra egységesen – bár nem azonos mértékben és formában – jellemző szerszámkészítő tevékenységen alapuló munkavégzés önmagában is az emberiség egységességének megőrzése irányába hatott volna. Ez nem véletlen, hiszen a munkában gyökereznek mindazok az emberiség egészére jellemző tulajdonságok, amelyeket specifikusan emberinek tartunk. E tevékenység – melynek fiziológiai-szellemi feltételeit az öröklődő információ kódolja – feltehetően megerősítő, esetleg változtató jelleggel maga is visszahat saját genetikai alapjára.

A természeti környezet és a társadalom egységének és ezen egység sajátosságainak marxi feltárásában számos olyan gondolat van, melyek a jelen problémáinak megértéséhez is elvi útmutatást adnak. Tekintsünk át tömören néhány ilyen alapelvet:

1. A marxizmus klasszikusai a természet és a társadalom, valamint az emberek egymáshoz való viszonyát valami olyannak fogták fel, ahol az egyik fejlettségében tükröződik a másik fejlettsége és megfordítva. Mindenütt kiviláglik természet és ember azonossága – oly módon is, hogy az embernek a természethez való korlátozott viszonya megszabja az emberek korlátozott viszonyát és fordítva. E marxi gondolat megértése a kulcsa annak, hogy korunk környezetvédelmi problémáit a társadalmi viszonyokkal és lehetőségekkel összhangban fogjuk fel.

2. A marxizmus emberfelfogása feltételezi az ember egyedülálló uralmi lehetőségét a természeten, de nem abszolutizálja azt, hanem rámutat annak viszonylagosságára, jelezve az uralom egyedül célravezető megvalósulásának feltételét. Ezt írja Engels: de „azért ne kérkedjünk túlságosan a természeten aratott emberi győzelmeinkkel. A természet minden ilyen győzelemért bosszút áll rajtunk. Bár mindegyiknek a következményei elsősorban azok, amelyekre számítottunk, de másod- és harmadsorban egészen más, előre nem látott következményei vannak. És ily módon minden lépés eszünkbe juttatja, hogy korántsem úgy uralkodunk a természeten, mint ahogy a hódító egy idegen népen uralkodik."[10]

3. Ez utóbbiból adódik a szabadság marxi–engelsi felfogása, miszerint a szabadság nem más, mint a szükségszerűség felismerése, és az ennek alapján történő, hozzáértő cselekvés megvalósítása.

4. A természet és a társadalom egysége ellentmondásokkal terhelt egység, melyben a függőség és függetlenedés dialektikus kölcsönhatása valósul meg. Ember és természet viszonyában az a sajátosság érvényesül, hogy a természet erőivel szemben létrejövő újabb szabadságfok a függőség egyre magasabb szintű, egyre összetettebb formáját hozza létre.

5. Végül a marxizmus klasszikusai a természet és a társadalom viszonyát is a történelmi szemléletbe ágyazva értelmezik. Ennek megfelelően a kapcsolat fejlődésében megkülönböztetik a természettel való differenciálatlan egységet, ami megfelel a természetadta közösség és természetadta munkamegosztás korának; majd nyomon követik a természettől való elválás folyamatát, ami mélypontját a természettől való elidegenülés formájában éri el; majd a kommunizmusban, mint a jövő társadalmában a természettel való magasabb szintű egység megvalósulását tételezik. E magasan szervezett és tudatos társadalomban az emberi tevékenység összes következményét tisztábban látjuk, s „minél inkább történik ez meg, annál inkább fogják az emberek magukat nemcsak egynek érezni, hanem egynek is tudni a természettel"[11]. Ekkor fog megvalósulni az a magas szintű – bár sohasem ellentmondásmentes – egység a természettel, ahol a *természet elsajátítása és megőrzése egymástól elszakíthatatlan tevékenységforma lesz.*

III

A környezetvédelem filozófiai összefüggései, melyeknek feltárása a környezetvédelem számos társadalomelméleti és etikai kérdésének megoldását, vagy az ezekben való helyes tájékozódást segítheti elő, ténylegesen a környezet dialektikus értelmezéséből, és a marxizmusnak az ember és a természet viszonyáról szóló, máig is érvényes útmutatásai alapján bonthatók ki.

Ebben az összefüggésben nem az élővilág környezetéről van szó elsősorban, hanem az *ember környezetéről*, melyben az élővilág nélkülözhetetlen elem, s ahol éppen a *környezet-körülvett* dialektikája értelmében az élővilágnak a társadalom maga is környezete. Gyakran az az egysíkú szemlélet érvényesül, miszerint az élettelen világ az élővilág környezete, az élővilág pedig a társadalomé. Valójában fordított viszony is érvényesül – s ami a legfontosabb – bonyolult kölcsönhatás lép fel közöttük. Az ember környezete sokszintű. Megtalálható benne az emberre is ható abiotikus, az embert körülvevő és vele együtt létező élő természet (beleértve az őseredeti természet még megmaradt objektumait és a kultúrtermészetet), valamint a művi, illetve annak legfejlettebb (?) típusa, az urbanizált környezet és végül az ember által létrehozott társadalmi viszonyok

összessége. Ez utóbbiak nemegyszer még abban az értelemben is környezetet képeznek, hogy az emberrel szemben álló idegen hatalomként lépnek fel. Tehát minden, ami hat az emberre és viszonylagosan rajta kívül létezik – emberi környezet. Mindebből következik, hogy nem jogosult környezetvédelmen kizárólag az élő természet védelmét érteni, mert abba a műemlékvédelemtől, az élettelen környezet óvásán keresztül az élő környezet védelméig sok minden beletartozik. Nem is szólva arról, hogy sokszor akkor lehet eredményesen védeni a természeti környezetet és az ember művi környezetét, ha az ember átalakítja társadalmi környezetét, mi több lerombolja a környezetként is létező társadalmi viszonyokat.

Két oldalról kell tehát a kérdést megközelítenünk: elsőként abban az értelemben, hogy a *társadalomnak* környezete az élővilág (most az egyszerűség kedvéért tekintsünk el az élettelen feltételektől), másodszor pedig annak megfelelően, hogy az emberi társadalom környezete a rajta kívül létező élőlények összességének. Mindkét összefüggés sajátosságaiban felismerjük majd a másik fennállását és hatását. Ha az emberi környezet sajátosságait nézzük, akkor ebből kitűnik, hogy az ember természeti környezete is „emberi" környezet. Amitől viszont a társadalom függ, az már emberformálta környezet. Az ember hatása a természeti környezetre rendszerint nem közvetlen, hanem a művi környezet által közvetített. Ha a másik összefüggés oldaláról közelítünk a problémához, hogy ti. az emberi társadalom is környezete az élővilágnak, akkor ebbe az összefüggésbe beletartoznak az ember szükségszerű, elkerülhetetlen (bár bőségesen vannak elkerülhető) kártételei az őseredeti természetben mind a spontán, mind a tudatos természetátalakítás során. Az ember mint az élővilág környezete fajok tucatjait kiirtva, másokat elszaporítva, átalakítva, új fajtákat létrehozva és elterjesztve elszegényítette és egyben gazdagította az élővilágot. Az ember a természetet rombolva építette és tökéletesítette a társadalmat is. A növénynemesítés, állattenyésztés, csatornázás, talajjavítás, folyamszabályozás stb. nem választhatók el a termelőerők fejlődésétől, a társadalmi viszonyok előrehaladásától, s egyben az ember természeti környezetének egyidejű rombolásától és fejlesztésétől. Ugyanakkor hangsúlyozzuk, nincs egyenes arányosság a társadalom fejlődése és a természethez való viszony pozitív alakulása között, mindaddig, amíg a fejlődés nem éri el vagy legalábbis nem közelíti meg a modern osztály nélküli társadalmat. Míg a kezdetleges társadalmakban elsősorban a természet nem ismerése, az eszközök és az anyagi lehetőségek sekélyessége késztette az embert a természet pusztítására, addig a kapita-

lizmus kezdeteitől éppen a természet jobb ismerete és a termelőerők fejlődésével együtt a szükségletek sokszor tőkés jellege volt az oka a természet növekvő méretű pusztításának. Ezért csak a *társadalomban bekövetkezett minőségi ugrás eredményezheti a természethez való viszonyunk minőségi javulását*, egy olyan változás, ahol a természet titkainak elsajátítását a természet megőrzésére irányuló tendencia kíséri, ahol nemcsak a természet kizsákmányolására, hanem a *helyreállítására is* megvannak a csodálatos technikai eszközök, s ahol a szükségletek növekedésének normális menete a természet szépségének, egészségének és fejlődésének igényét (nem őseredeti állapotának és érintetlenségének visszavágyását) is felfokozza, ami a civilizált életfeltételek magától értetődő követelményévé válik. Mindez csak a kommunista társadalomban valósul meg következetesen, de léteznek olyan gyakorlati lehetőségek, amelyek utat nyitnak a legégetőbb problémák nélkülözhetetlen megoldásához.

E részleges megoldás szempontjából sem hiábavaló a társadalom és az élő természet előbb vázolt viszonyából levonni néhány következtetést.

A környezetvédelem mindig az emberi környezet védelme, és nem valamiféle önmagában vett természetvédelem.

Az ember és a természet kapcsolatában egy olyan viszonyrendszerről van szó, melyben negatív vagy pozitív értelemben egyre inkább dominál az ember, és így a hatás jellegét is embertől függően értékelhetjük.

A természethez való viszonyunkra az uralom és alávetettség dialektikus egysége jellemző, ami e viszonynak abból a kétoldalúságából származik, hogy mindkettő környezete a másiknak – mint környezeten „uralkodik", s mint környezetétől függ.

Az ember és a környezet jelen problémáit nem utalhatjuk át futuristák számlájára, ezért a filozófiának is a jelen tevékenység aktuális kérdéseihez kell kapcsolódnia. Ezek közül pedig *a legalapvetőbb a biológiai egyensúly kédése.* E probléma helyes értelmezésén múlik a környezetvédelem gyakorlati intézkedéseinek eredményessége. Az egyensúly helytelen értelmezése ugyanis felesleges feladatokra összpontosíthat erőket, másokat pedig elsorvadásra késztethet.

Az egyensúly mind a biológiában, mind a filozófiában többeket foglalkoztató és régen felmerült kérdés. Az ezzel kapcsolatos viták azonban mind a mai napig nem jutottak nyugvópontra. Miként évtizedekkel ezelőtt, úgy ma is vannak, akik tények birtokában állítják, illetve tagadják a biológiai egyensúly létét. Van olyan felfogás is, amely zavartkeltőnek tekinti a biológiai egyensúly fogalmát, s helyette az *ökológiai* egyensúly megjelö-

léssel ért egyet. Ezt a nézetet képviseli Széky Pál: a „minduntalan változó tényezők és hatások sokasága ellenére tehát az ökoszisztéma anyag-, energia és életközösség szempontjából is bizonyos, egy adott átlagérték körüli ingadozással jellemezhető kiegyensúlyozottságot, viszonylagosan stabil állapotot mutat"[12].

Mi a magunk részéről ezen a téren is egy bizonyos filozófiai általánosságra törekedve, kitartunk a *dinamikus biológiai egyensúly* fogalma mellett, melybe beleértjük mindazokat az egyensúlyviszonyokat, amelyek a valóságban hálózatosan, egymásba szövődve és átfedve léteznek. Egymástól való megkülönböztetésük objektív különbségeik alapján lehetséges, ezért az egyes típusok elkülönítése mind fogalmilag, mind a munkamegosztáson alapuló különböző aspektusú vizsgálatokban, mind az emberi tevékenység során egyaránt létjogosult. Ezen megszorítás mellett a dinamikus biológiai egyensúly megjelenésének tekintjük:

1. az élő szervezet struktúrájában és működésében létező valamennyi egyensúlyviszonyt, illetve az egyensúly helyreállításra irányuló tendenciát;

2. az élő alkalmazkodóképességét környezetéhez, miközben egyensúlyba jut környezetével;

3. az ökológiai egyensúlyt, vagyis az ökoszisztémák jellegzetes belső dinamikáját.

E három forma közül egyik sem létezik önállóan, pontosabban mindegyikben benne foglaltatik a másik kettő. Ezért a továbbiakban a biológiai egyensúlyt mint átfogó, az élőre jellemző ellentmondásos viszonyt értelmezem és átfedésük, összefüggésük alapján helyenként azonos fogalmakként kezelem őket.

Most pedig tekintsük át röviden az egyensúly híveinek és ellentáborának álláspontját. Kérdés, hogy a biológiai egyensúly ellenzői miért idegenkednek e fogalomtól. Egyesek azért, mert a dinamikus biológiai egyensúly fogalmát azonosítják egy statikus, illetve főként mennyiségi viszonyokra korlátozódó egyensúllyal, s azt joggal nem tudván elfogadni, elvetik az előbbit.[13] Mások a nem egyszer rossz kritériumok alapján megfogalmazott dinamikus egyensúllyal nem tudnak egyetérteni, s a valódi kritériumok feltárása helyett magát a fogalmat mint félrevezetőt, és a valóságban nem létezőt vetik el.[14] Az egyensúly védelme mögé húzódó, az ember és természet viszonyát rosszul, nemegyszer emberellenes módon értelmező nézetektől való elhatárolódás jegyében is tiltakoznak egyesek a dinamikus biológiai egyensúly fogalma ellen.[15] Ezen álláspontok képviselőinek legalább három dologban igazuk van.

– Az élővilágban fellépő egyensúlyviszonyoknak nem alapvető jellegzetessége a különböző folyamatokat egy állandó, stabil szintre visszaállító mechanizmus, ahol konstans mennyiségek tartanak egyensúlyt konstans mennyiségekkel.

– Az élő természetben nincsenek idillikus, harmonikus állapotok, s ami annak tűnik, az is csak valamilyen emberi érdeknek megfelelően az. A harmónia és az egyensúly tehát fogalmilag sem keverhető össze egymással.

– Nem engedhető meg, hogy egy fiktív egyensúly védelmében háttérbe szoruljanak az ember érdekeit (az érdekekbe beleértendők a távoli jövő nemzedékeinek érdekei is!) szolgáló termelési feladatok, köztük a ma már nélkülözhetetlen agrotechnikai, növényvédelmi, egészségvédelmi stb. intézkedések.

Megítélésünk szerint azonban nem a dinamikus biológiai egyensúly fogalmát, hanem annak téves értelmezését kell megszüntetni.

Környezetvédelmi szempontból az ökologiai egyensúly kérdésének van kiemelkedő szerepe. Az ökológiai egyensúly fogalma ma már elfogadott terminus. A populációs genetikában matematikailag formalizálták és léte a populáció szabályozott géngyakoriságának tételében újabb bizonyítást nyert. Így például megalapozottan feltételezik, hogy amennyiben „a populáció nem az egyensúlyi állapotnak megfelelő arányban tartalmazza a homo-, illetve a heterozigota genotípusokat, egyetlen generáció alatt beáll az egyensúly"[16]. A szerző ehhez mindjárt hozzáteszi, hogy ez nem statikus állapot, mert az „egyensúlyi állapotot a populáció egy fokozatosan csillapodó oszcillációval közelíti meg"[17]. *A populáció polimorfizmusának* szabályozottságában is fellelhető egyfajta egyensúlyviszony, az úgynevezett kiegyensúlyozott polimorfizmus, amikor a genetikai variabilitást növelő faktorok egyensúlyban vannak az ellene ható erőkkel.[18] Ugyanakkor a polimorfizmusnak is megvannak a nem egyensúlyi állapotot mutató formái, mint az átmeneti polimorfizmus, ahol az egyik allél fixálódik, és a neutrális allélok polimorfizmusa uralkodik, melyben nem az egyensúly, hanem a véletlenszerű megoszlás jut érvényre.

Korábbi biológiai ismereteink szintjén a dinamikus egyensúlyt főként a szervezeten belül található anyagösszetétel (például az antagonista ionok, a víz, a nitrogén, az energetikai állapot) viszonyaival, továbbá a szervezet belső funkcionális kompenzációival (asszimiláció–disszimiláció dinamikája), valamint a szervezetnek a környezethez való alkalmazkodásával azonosították. Ma már – mint korábban utaltunk rá – kialakulóban van egy egységes szemlélet. E „különböző" dinamikus egyensúlyviszonyok egymásba valók apcsolódása, kölcsönhatásuk konkrét tartalma és

azok egzakt leírása folyamatban van. Jelenlegi ismereteink is elegendőnek tűnnek azonban ahhoz, hogy a dinamikus egyensúly általános, filozófiailag is értelmezett fogalmát tovább finomítva a következő definíciót adhassuk: *a dinamikus egyensúly a rendszeren belüli, egymást növelő és csökkentő, egymást kompenzáló és kizáró, elősegítő és károsító, kiterjesztő és korlátozó folyamatok viszonya, ahol a bármely irányba történő eltolódás mértéke – elsősorban a visszacsatolás útján – a rendszer tűrőképességén belül marad, tehát nem veszélyezteti a rendszer egészét, ellenkezőleg, lehetővé teszi a rendszer relatív állandóságának és változékonyságának dialektikus egységét, a rá jellemző természetes élettartamon belül.*

A dinamikus egyensúly, melynek egyik részesete az ökológiai egyensúly, az élővilág valóságos jellemzője. Miután teljes szaktudományos leírásától még elég messze vagyunk, így filozófiai meghatározása sem tekinthető véglegesnek.

A problémát most már az ökológiai egyensúly kérdésére leszűkítve, arra kell választ adni, hogy az emberi tevékenység hogyan viszonyul az ökológiai egyensúlyhoz, vagyis hogy az ember környezetvédelmi tevékenysége során milyen hatást fejt ki és melyek a feladatai.

Az ember nem kerülheti el a természetes egyensúlyviszonyok megbontását. Az így előálló problémák megoldása azonban nem épülhet az úgy nevezett „nulla növekedés" koncepciójára, ugyanis sem a régi állapotok visszaállításának követelménye, sem a biológiai egyensúly feletti elvont elmélkedés nem képezheti a probléma megközelítésének módszerét. A valóságos katasztrófa elkerülésének egyedüli útja a következő:

a) Meg kell teremteni a természetes dinamikus egyensúlyok megbontásának és tudatos helyreállításának (ami természetesen nem az előző állapot maradéktalan visszaállítása) dialektikus egységét.

b) Növelni kell a dinamikus egyensúlyra vezető biológiai jelenségek természetes tűrőképességét, terhelhetőségét.

c) A dinamikus egyensúlyviszonyoknak könnyen engedelmeskedő, mesterségesen szervezett ökológiai rendszereket kell kialakítani.

Hol érvényesülhetnek ezek a szempontok? Három olyan nagy kiterjedésű területen, melyek együttese ma az ember tényleges környezetét alkotja. Ezek a következők:

1. A természetes társulások (nem ősi természetes!);
2. Mesterséges társulások (állattenyészetek és növényi monokultúrák);
3. A társadalom mint emberi közösség.

E három terület egymástól elválaszthatatlan, s mint ilyen, az azonosság és különbség számos jegyét mutatja.

Témánk szempontjából figyelemre méltó *különbözőségeik:* 1. A természetes társulásokban a spontán önszabályozás folyamata érvényesül, ami nem egy „előírt érték" szerint történik, hanem az élőlény mint „kereső rendszer" funkcionál[19], ahol az információnak van centrális szerepe, amely mindig valamilyen kölcsönhatás útján szabályoz.[20] 2. A mesterséges társulások mint ember által szabályozott rendszerek működnek. 3. A társadalom egyidejűleg önszabályozott és ember által szabályozott rendszer, melynek aránya és tökéletessége a termelőerők átfogó jellegétől, az irányítás központosításának mértékétől, az objektív folyamatok feletti tudatos uralom és a tudatos előrelátás fokától függ. A társulás első típusának szabályozottságára a belső, spontán mechanizmusok működése és az „előírt értékre" történő szabályozás mellett döntően a „kereső" jellegű szabályozás, valamint a negatív és pozitív visszacsatolás (de nem egyforma mértékben!) jellemző. A társulás második típusában az ember által irányított tudatos szabályozás érvényesül, mégpedig az „előírt" értékhez való igazodás formájában a negatív visszacsatolás jelzései alapján. *Végül a társadalomban mint sajátos emberi társulásban a szabályozás* mindkét formája megtalálható azzal a további módosulással, hogy ezek összekapcsolódnak egymással. A tudatossághoz az is hozzátartozik, hogy a „parancs és a végrehajtás" közötti eltérést a társadalomban nemcsak visszajelzés után érzékelik, hanem optimális esetben az eltérés lehetőségét és mértékét előrejelzik, aminek alapján folyamatosan módosítják a vezérlést végrehajtó információkat. Végül itt figyelhetjük meg a különböző típusú szabályozó körök legváltozatosabb és legbonyolultabb kapcsolatait. Mindez nem jelenti azt, hogy a társadalom szabályozottsága minden szempontból felette állna az előző két társulás szabályozottságának, vagy hogy önmagában a tökéletesség hordozója lenne. Nem is jelentheti ezt, hiszen ez csak következménye és kifejeződése a társadalom fejlettségének, ami – Engels megfogalmazásának megfelelően – még mostani állapotát tekintve is csak a kezdetnél tart – mert a kommunizmussal kezdődik az emberiség igazi története.

Mindezek a „társulások", egyéb jegy mellett, elsősorban abban hasonlítanak egymásra, hogy mint rendszerek, valamilyen információval, valamint az információfelvétel, -tárolás és -átadás képességével rendelkeznek, továbbá abban, hogy „feed-back" mechanizmusok érvényesülnek bennük. Ezek a közös vonások azért lényegesek, mert a szabályozottság különböző formái egymásbakapcsolódásának és összhangban történő működésének ezek az alapjai.

Egységükre vall továbbá az is, hogy létükben és életterükben nem egy-

más mellett, hanem bizonyos értelemben egymásba összefonódott módon léteznek. Így például egy-egy mesterséges növényi társulásban a rovar, a rágcsáló, a ragadozó és a madárpopulációk sokasága mint természetes társulás él, s maga az emberi társadalom mint sajátos „társulás" az előző kettő környezetében, közöttük és bennük él, tehát mind a három társulás kölcsönösen környezete egymásnak. A különböző módon szabályozott rendszerek összekapcsolódásának képessége és az átfedésükben mutatkozó egység ad választ arra a kérdésre, hogy milyen szerepe lehet az embernek a természetes módon önszabályozott folyamatokban, és hogy az ezekbe való beavatkozása szükségszerűen katasztrófát idéz-e elő.

E három terület egymáshoz való viszonya ellentmondásos. A mesterséges társulások fokozatosan kiszorítják – tervszerű beavatkozás esetén nem semmisítik meg –, területileg beszűkítik a természetes társulások életterét. Az emberi közösség pedig mind a természetes, mind a mesterséges társulásokon – bizonyos korlátok között – uralkodik.

A környezetvédelem központi kérdése az, hogy hogyan alakíthatja az ember e három tényező viszonyát optimálissá. A környezethez való viszony ugyanis mint a három, különböző módon szabályozott rendszer kapcsolatának optimalizálása, nem merülhet ki a környezet puszta védelmében. Helyesen jegyzi meg ezzel kapcsolatban Gerle György: a „helyes út azonban mégsem a puszta »környezetvédelem«, hanem a »tervszerű környezetfejlesztés«"[21]. A megkülönböztetett típusú rendszerek kapcsolata három különböző irányú tevékenységgel realizálható:

1. Az emberi tevékenység okozta szennyezés, kártevés korlátozása és lehetőség szerint minimumra csökkentése.

2. A felhasználásra kerülő anyag és energia zárt ipari ciklusokon belül történő recirkuláltatása, és a természetbe való visszajuttatása oly módon, hogy azok újra belépjenek a spontán természeti körfolyamatokba.

3. A természetes dinamikus egyensúlyok befolyásolása révén olyan mesterséges dinamikus egyensúlyok létrehozásával, melyek mint szabályozó körök képesek összekapcsolódni a már meglevő és az emberiség szempontjából létfontosságú természetes folyamatokkal. A továbbiakban csak az utóbbival foglalkozunk részletesebben és azt is egyetlen modellen, a komplex növényvédelem példáján mutatjuk be. Témaválasztásunknak részben világnézeti oka van, ti. a talajjavítás, a műtrágyázás, a vegyszeres növényvédelem és a mesterséges kultúrák telepítése kapcsán merülnek fel leggyakrabban azok a szemléletbeli tévedések, melyek burkolt formában „tiszta" természetet követelnek, abszolút, statikus egyensúlyt tételeznek fel, amit az ellentmondásmentes, harmonikus, mi több,

idillikus állapottal azonosítanak, s nemegyszer az emberrel szemben, az ember ellenében „védik" a természetet. Ezekben a nézetekben a történelmi szemlélet negligálása is meghúzódik.[22]

A növényvédelem érdekében a szakemberek már kifejtették nézeteiket. A növényvédőszerek okozta nem kívánt hatások szintén ismeretesek[23], az ellenük való küzdelem újabb és újabb eredmények és kudarcok jegyében folyik. Mindehhez a filozófiának nincs mit hozzátennie. A növényvédőszerek okozta károk és az azok kiküszöbölésére irányuló tevékenység, s végül a komplex növényvédelem alapelvei azonban igen jó modellnek ígérkeznek ama állításunk igazolására, melyet korábban fogalmaztunk meg. (lásd 3. pont) E modell egyszersmind segít bemutatni azt is, hogy a gyakorlatban mit jelent és hogyan módosul a dinamikus egyensúly itt megadott definíciója. A növényvédőszerek ugyanis egyensúly-megbontó hatásúak, és a kiküszöbölésüket elősegítő új hatóanyagok előnyös tulajdonsága éppen ennek a hatásnak a minimalizálásában jelölhető meg. A komplex növényvédelem elvileg nem más, mint egyfajta egyensúlyra való törekvés a védezés során, aminek végeredménye az ember szempontjából létfontosságú egyensúlyok megőrzése, illetve újak létrehozása.

A növényvédőszerek káros hatásait (klórozott szénhidrogének agresszív hatásáról van szó) a szakemberek a következőkben összegzik:

a) Túl széles a hatásspektrumuk, s így az egyensúly szempontjából fontos fajokat is kiirtják, így például a kártevők kártevőit, vagy a hasznos vadállományt.

b) Ezeknek a vegyületeknek lassú a bomlása, ami a növényi szervezetekben történő akkumulálódásukat idézi elő, melyek innen az állatba vagy az emberbe átkerülve toxicitást okoznak.

c) Bizonyos idő elteltével a kártevők rezisztenssé válnak, ami mind nagyobb dózisok alkalmazásához vezet, s ez felfokozza az előző pontokban (*a*, *b*) elmondott káros hatásokat.

Mindezek elvileg egy közös eredményre vezetnek: bizonyos dinamikus egyensúlyok megbomlását, és bizonyos káros folyamatok megjelenését idézik elő. A kártevők kártevőinek kiirtása például azért veszélyes, mert a természetes egyensúly megbontásával az egyik elem, mégpedig a növényi kártevő túlszaporodik. A hasznos vadak irtása újfent a természetes egyensúlyt bontja meg a káros vadak elszaporodásának irányában. A vegyszereknek a szervezetben való akkumulációja valójában a szervezetek normális működését biztosító belső dinamikus egyensúlyi viszonyokat borítja fel, esetleg irreverzibilisen meg is szünteti, hisz a toxicitással lefékeződik vagy leáll a szervezet kompenzációs mechanizmusa azáltal,

hogy a méreg mennyisége meghaladja a szervezet tűrőképességét. A rezisztencia pedig nem más, mint egy olyan új egyensúly létrejötte, ami a kártevők tűrőképessége és a mérgező anyag hatása között áll fenn.

Az itt felsorolt problémák kiküszöbölésére irányuló tevékenységgel a következő gyakorlat került előtérbe: *a)* szelektív és szuperszelektív hatóanyagok előállítása; *b)* gyorsan bomló vegyszerek előállítása; *c)* különböző, de azonos hatású vegyszerek gyakori váltogatása a rezisztencia megelőzésének érdekében.

Mindezt elméleti szempontból úgy foghatjuk fel, mint a meglevő hasznos egyensúlyi viszonyok fenntartását, és a károsak kialakulásának (melyek rendszerint statikusak) megakadályozását. Nem véletlen, hogy ma már elvként fogadja el a növényvédelem, hogy a növényvédelem *nem egyenlő* a rovarok vagy rágcsálók irtásával, vagyis a kártevők ellen *nem kell*, sőt nem is szabad totális irtást alkalmazni.

Erre még jobb példa a komplex növényvédelem, mely a kémiai védekezés mellett alkalmazza a biológiai növényvédelmet[24], valamint a kettő „keverékét" is. A biológiai védekezésre az a jellemző, hogy a természetes dinamikus egyensúlyi viszonyokat tudatosan és mesterségesen alkalmazzák a növényvédelem összfolyamatában. Ezek a következők: *a)* Az életközösségek feldúsítása hasznos élőlényekkel. Ez például egy növénytársulás esetében azt jelenti, hogy elszaporítják azokat a fajokat, melyeknek táplálékforrásai a kártevők. Így ez utóbbiak száma erősen lecsökken és kártételük elenyésző mértékű lesz. *b)* Ellenálló fajták nemesítése és termelése. Ez más szóval azt jelenti, hogy a kártétellel egyensúlyban levő, azokat belső adottságaikkal kompenzálni tudó típusokat nemesítenek ki, és terjesztenek el, mert azok nem betegszenek meg, nem romlanak le bizonyos kártevők hatására. *c)* A kártevőkben letális hatásokat előidéző mikroszervezetek tenyésztése és felhasználása. *d)* A kártevők parazitáinak és ragadozóinak tudatos felhasználása. Ezzel a módszerrel a kártevőket olyan kis létszámra csökkentik – esetleg teljesen ki is irtják –, hogy az életben maradtak hatását a kultúrnövények kompenzálni tudják. *e)* A kártevők populációiba olyan hímegyedek juttatása, melyek örökítő anyagukban az utódra nézve letális géneket hordoznak.

Egyéb kombinált módszerek: a veszélyeztetett növények növekedésének késleltetése a kártevők legaktívabb szakaszában; bizonyos rovarok teljes kifejlődésének (imago-állapot) megakadályozása vagy idő előtti bebábozódásának serkentése úgynevezett juvenil hormonokkal; csalogató és riasztó anyagok alkalmazása.

E módszerek lényege tehát nem más, mint bizonyos dinamikus egyensúlyi viszonyokba való beavatkozás.

Hangsúlyozni szeretnénk, hogy ez nem ilyen egyszerű folyamat. Nem egyszer a biológiai védekezés során – miközben előnyös egyensúlyi viszonyokat akarunk létrehozni, a károsakat pedig megszüntetni – a célkitűzéssel ellentétes eredmény jön létre. Előfordulhat például, hogy egy kártevő ellenségét elszaporítják, ami miután kipusztította a táplálékául szolgáló fajt, az önmaga által megváltoztatott környezeti feltételekhez alkalmazkodva egy olyan másik faj ellen fordul, mely éppenséggel hasznos, vagy esetleg a védelemre szánt növényt támadja meg. Ezért, és sok más okból (például, mert a biológiai védekezéshez minden eddiginél nagyobb számú és konkrétabb ökológiai ismeretek kellenek) a biológiai védekezés nem lehet a növényvédelem egyedüli formája, vagyis nem hagyatkozhatunk teljes egészében a természetes biológiai egyensúlyban levő populációk tevékenységére. A modern növényvédelem az úgynevezett *komplex vagy integrált növényvédelem* megvalósítására törekszik.

Az integrált növényvédelem fogalmában benne van, hogy mesterséges és természetes, tudatos és spontán hatások együttesen, néha egymást korlátozva, máskor egymást kiegészítve és felerősítve, térben és időben egyszerre érvényesülnek az ember biológiai környezetében. Mindez ismételten azt bizonyítja, hogy nem tételezhetők fel tiszta biológiai egyensúlyok, ellenkezőleg, az embernek *be kell* avatkoznia ezekbe – egyeseket meg kell szüntetnie, mert károsak az ember léte szempontjából, másokat meg kell erősítenie, ismét másokat mesterségesen kell létrehoznia.

A környezetvédelemnek nem a biológiai–ökológiai egyensúly kérdése az egyetlen problémája. Hogy mégis ezt emeltük ki aktuális problémaként, annak részben az volt az oka, hogy ezen a téren – mint kifejtettük – van a legtöbb és legalapvetőbb világnézeti-szemléleti bizonytalanság. Ennek tisztázásához kívántunk hozzájárulni és segítséget nyújtani az ember és a természeti környezet viszonyának marxi felfogása, valamint a biológiai egyensúlyra vonatkozó filozófiai-szakmai nézetek összefoglalásával.

[1] A „körülvett" a környezettel összhangban levő jelenségek megjelölésére szolgál. Tudatában vagyunk e fogalom primitívségének, nem kellően filozofikus jellegének és annak, hogy a „körülvett" megjelölés túlzott mértékben a térbeliségre irányítja a figyelmet, s mint ilyen, félrevezető is lehet. Arra azonban mindenképpen alkalmas, hogy segítségével kifejtsük a környezet dialektikus jellegével kapcsolatos elképzeléseinket. Használhatnánk a „körülvett" szócska helyett a rendszer fogalmát, mert aminek környezete van, az nagy valószínűséggel minden esetben egy meghatározott minőséggel bíró anyagi rendszer. Bonyolítja ezt, hogy a környezet is lehet rendszer vagy rendszerek komplexuma. Ezért maradunk jobb híján a „körülvett" fogalomnál.

[2] A környezet és a körülvett viszonyának ezt az aszimmetrikus jellegét a nemrég megjelent „Élővilág és társadalom – a biologizmus bírálata" c. könyvemben nem hangsúlyoztam. A kérdés létjogosultságára és fontosságára jelen kötet szerkesztője, Horváth József hívta fel a figyelmemet.

[3] Ezért a későbbiekben, amikor bizonyos általam bírált nézetekkel szemben hangsúlyozom azt, hogy a társadalom is környezete a természetnek, és ennek részeként az élővilágnak, azt csak korlátozott értelemben, az itt leírt megszorítások figyelembevételével – a rövidség kedvéért azonban visszautalások nélkül – teszem.

[4] *Simon T.:* Kutatási irányok, eredmények és feladatok a növényökológiában. (in: A biológia aktuális problémái) Akadémiai Kiadó 1975. 73. old.

[5] *E. P. Odum:* Ecology. The University of Georgia. 1963. 5. old

[6] *Simon T.:* Id. mű. 75. old.

[7] *Széky P.:* Ökológia. Natura 1979. 14. old.

[8] *Marx:* A politikai gazdaságtan bírálatának alapvonalai. Budapest 1972. 360. old.

[9] *Engels:* A természet dialektikája. (MEM 20. köt.) Budapest 1974. 454. old.

[10] Ugyanott, 457. old.

[11] Ugyanott.

[12] *Széky P.:* Id. mű. 59. old.

[13] Részben ezen az elvi alapon foglalt el Bauer Ervin egyensúlyellenes álláspontot. (Lásd: *Bauer E.:* Elméleti biológia. Akadémiai Kiadó 1967.)

[14] Ilyen jellegűek Jermy Tibor kritikai észrevételei. (Lásd: A biocönozisok egyensúlyának kérdéséhez. Állattani Közlemények 1957. XLVI. köt. 1–2 füzet; A szárazföldi biocönózisok termelésbiológiai vizsgálatának néhány kérdéséről. Állattani Közlemények 1959. XLVII. köt. 1–2. füzet; Biológiai védekezés a növények kártevői ellen. Mezőgazdasági Kiadó 1967. 169. old.)

[15] *Szabó J. B.–Fodor F.:* Az élő és élettelen környezeti tényezők humáncentrikus értelmezése. Egészségtudomány, 1977. 343–352. old.

[16] Lásd „A biológiai szabályozás" c. kötetet. (Medicina 1978. 367. old.)

[17] Ugyanott, 369. old.

[18] Ugyanott, 380. old.

[19] Ugyanott, 15. old.

[20] Ugyanott, 24., 25. old.

[21] *Gerle Gy.:* Környezetvédelem Magyarországon. Kossuth Kiadó 1974. 6. old.

[22] Így például a DDT tértől, időtől független elmarasztalása ama tények figyelmen kívül hagyásával, hogy a FAO 1972. évi adata szerint az állati és a növényi kártevők, plusz

a térparazitaként megjelenő gyomnövények a termésben 20-30%-os, mások szerint 50%-os kárt tesznek, továbbá, hogy a DDT egyedül Indiában 90%-kal csökkentette a malária t és 1,5 millió tonna rizst mentett meg a kártevőktől.

[3] Lásd *Ubrizsy Gábor* cikkét az Agrártudományi Közlemények 1972./31. számában és *Jermy T.* cikkét az Állattani Közlemények 1972./1-4. számában.

[4] A kérdés sokoldalú kifejtését lásd a „Biológiai növényvédelem" c. gyűjteményes kötetben. (Mezőgazdasági Kiadó 1975.)

SIPOS JÁNOS

A pszichikus folyamatok „eszmei" jellegének materialista értelmezéséhez

A tudati tényező objektív szerepének megnövekedése meghatározott elméleti változásokat indított el az ötvenes évek végétől a marxista filozófiai irodalomban.[1] A tudat, a pszichikum tükröző jellege mellett egyre nagyobb figyelmet fordítottak szabályozó funkciójára, objektív mozgástörvényeire és hatásmechanizmusaira. Polgárjogot nyert a tudat anyaghoz való viszonyának elemzésében az ismeretelméleti vonatkozáson túl (a tudat a valóság tükröződése) az ontológiai vonatkozás kiemelése (a tudatnak mint reálisan létező jelenségnek, mint az anyagi világ részfolyamatának a megközelítése). De a felerősödő vulgármaterialista tendenciák miatt, és különösen a tudat objektív társadalmi szerepét abszolutizáló ún. „társadalomontológiai" és ezzel rokon tendenciák jelentkezése miatt, a jelzett elméleti folyamat elakadt. Miközben a pszichikum ontológiai értelemben vett anyagiságát elismerték, legalábbis annyiban, amennyiben ezt a tudat anyagi eredetére és meghatározottságára értették, a szerzők többsége a pszichikum egészében vett természetére nézve ahhoz a következtetéshez ragaszkodott, miszerint az végső soron, bárhonnan is tekintsük, „nem-anyagi" terméke vagy jelensége az anyagi világnak, mégpedig azért, mert tükröző jellegű, „eszmei" természetű. E szerint a még mindig nagyon elterjedt álláspont szerint, „az eszmei – elvileg különbözik az anyagitól és ellentétben áll vele"; az anyagi: „fizikailag" létezik, ezzel szemben a pszichikus jelenségek „eszmei" jellege éppen abban mutatkozik, hogy „nem láthatóak, téren kívüliek, nem foghatók fel az észlelés által", nincsenek fizikai tulajdonságaik, színük, formájuk, súlyuk stb.[2]

A jelen tanulmányban erre a kérdésre kívánunk összpontosítani: indokolhatja-e a pszichikum tükröző mivolta, „eszmei" jellege azt, hogy átfogó tudományos megközelítésben *elvileg* másként nyúljunk hozzá, mint az anyagi világ bármely más jelenségéhez; hogy valamiféle, az anyagival szembenálló, attól elvileg eltérő, „nem-anyagi" szférába sorol-

juk, visszatérve ezzel – akarva, nem akarva – a spiritualista-dualista ontológiákhoz? Úgy hisszük, minden alapunk megvan arra, hogy egyértelműen állítsuk: a pszichikum „eszmei", tükröző jellege is – ontológiai, lételméleti vonatkozásban, tehát a pszichikus folyamatokat a maguk valóságában, mint reálisan létezőket tekintve – egy teljesen reális, valóságosan létező, és ebben az értelemben *anyagi* sajátossága, minden misztifikálás nélkül, objektív eszközökkel, tudományosan, materialista módon megközelíthető tulajdonsága a pszichikus jelenségeknek.

I

Nem időznék annál az érvnél, amely a pszichikus történések tükröző, „eszmei" jellegét annak alapján állítja szembe – ontológiailag – az anyagi valósággal, hogy ezek a visszatükrözések „nem érzékelhetők", „nem láthatók" stb. Hiszen jól tudjuk, hogy nem minden férhető hozzá közvetlenül érzékszerveink számára. Ahogyan az emberiség a maga technikai eszközeivel egyre mélyebben hatol természeti környezetébe, mind közvetettebbé válik tükröző-megismerő viszonya is a feltárt újabb folyamatokkal. Ráadásul, mint már elég régóta ismert, a közvetlenül megragadható jelenségvilág elfedi a lényeget, ez utóbbi az ember számára nem érzékszervei, hanem az elvont gondolkodás útján érhető el. Ebből még nem következik, hogy a rejtett lényeg, mert nem közvetlenül észlelhető, „immateriális" lenne.

Több figyelmet érdemel az érvelésnek az a része, amely arra hivatkozik, hogy a pszichikus folyamatok „nem láthatók" az anyagi struktúrákban.[3] Ti. itt egy igen fontos metodológiai problémába ütközünk: a *hordozó* és *hordozott* folyamatok megkülönböztetésének szükségességébe. A jelzett érv nem veszi tekintetbe, hogy az agy morfológiai sajátosságai, neurofiziológiai, biokémiai, és bioelektromos mechanizmusai más szintet képviselnek, mint az általuk hordozott pszichikus folyamatok. A hordozó folyamatok szintjén valóban „láthatatlanok" a hordozott jelenségek. És ez mindenütt így van a valóságban. Ennek alapján írhatta egy lelkes biokémikus, hogy az „élet" nem létezik[4], hiszen a kémiai folyamatok szintjén valóban nem észlelhető. Ugyanilyen megalapozottsággal mondhatnánk azt is, hogy a társadalom sem létezik, vagy legalábbis nem anyagilag, hiszen érzékszerveink közvetlensége csak különböző tárgyak-

ról, élőlényekről, fizikai vagy biológiai mozgásokról tájékoztat bennünket. Hasonlóan az egyetlen anyagi világ minden szerveződési szintjére kimondható lenne, hogy „nem-anyagi", azon az alapon, hogy az őt hordozó szinten „láthatatlan". A dialektikus materializmus egyik jelentős eredménye éppen annak felismerése volt, hogy a valóság bonyolultabb szerveződései nem redukálhatók az alacsonyabbrendűekre; hogy minden szintnek megvannak a maga strukturális sajátosságai, a specifikus kölcsönhatásai, mozgásformái; és hogy ezért mindegyik a *maga* paraméterei szerint ragadható meg. Miért lenne ez alól kivétel az idegrendszer magasabb rendű pszichikus működése? Mi jogon várnánk el tőle, hogy az idegi szerveződés szintjén legyen „megfogható"? Abból, hogy sajátos strukturálódása, mozgása, hatása „láthatatlan" az agyi tekervények szintjén, még egyáltalán nem következik, hogy *a maga szintjén* az ember számára hozzáférhetetlen, tanulmányozhatatlan lenne; és még kevésbé az, hogy a pszichikum „kiesne" az egyetlen anyagi világ összefüggéseinek, kölcsönhatásainak, közvetítettségeinek, hierarchikus strukturálódásainak rendszeréből.[5]

Sajnos sűrűn találkozhatunk ezzel kapcsolatban azzal az érvvel, hogy – szemben az anyagival, amely „abszolút önálló léttel és fejlődéssel bír" – „az eszmei léte és fejlődése *csak viszonylagosan önálló* jellegű", „nem önmagától létezik, hanem szoros kapcsolatban és függésben valami mástól".[6] Ez megint csak abszurdum: ilyen alapon minden konkrét létező „nem-anyaginak" minősítendő! Hiszen nincs a világon semmi, ami ne állna szoros kapcsolatban, ne függene a maga feltételeitől és meghatározóitól: nem lehet ezen az alapon kiiktatni az agy tükröző funkcióját az anyagi jelenségek sorából. Nem az *egyes* anyagi szerveződésekkel, hanem az „anyaggal", az egyetlen létezővel, a világgal, azaz a mozgásban levő anyaggal kapcsolatosan, amin kívül nincs semmi, hangsúlyozza a modern materializmus is, a vallásos-idealista teremtés-mítoszokkal szemben, hogy „abszolút önálló léttel és fejlődéssel bír". Az egyes konkrét struktúrák, szerveződések függnek is feltételeiktől, és viszonylagos önállósággal is rendelkeznek, és csak a saját struktúrálódási szintükön érthetők meg, ismerhetők meg ténylegesen. És ez teljes mértékben áll a pszichikumra is.

A pszichikus működéseknek mint sajátos tükröző-szabályozó folyamatoknak a viszonylagos önállóságát, funkcionális elkülönülését érdemes lenne fejlődéstörténetében újra szemügyre venni. Ti. az idevágó rendelkezésre álló szaktudományos adatok fontos támpontokat nyújthatnak egy reálisabb, objektívebb felfogás kialakításához.

Filozófiai irodalmunkban ma már általánosan elfogadott, hogy a visszatükröző képesség az anyag minden formáját megilleti. A szervetlen természet kölcsönhatásaiban lenyomatok képződnek, az adott hatást elszenvedő struktúrák változásaiban, módosulásaiban reprodukálódnak a hatást gyakorló rendszerek bizonyos sajátosságai: alakjuk, mozgásuk, funkciójuk, tulajdonságaik stb. Azonban az így keletkező lenyomatba foglalt információ rendszerint nem aktualizálódik, nem játszik semmilyen funkciót az élettelen rendszer saját mozgásában, és ennek megfelelően nem is különül el a lenyomattól. A szikla pl. a napsugárzás és a légköri események hatására szétrepedezik, szétmállása a maga módján tükrözi a környezeti hatásokat, de ez a tükrözés mint ilyen – tehát a hő- és csapadékviszonyokra vonatkozó, a szétmállás által hordozott információ – nem kap szerepet a szikla változásaiban.

Ezzel szemben az élő rendszerek lényeges újdonsággal szolgálnak: a környezetükkel folytatott új típusú kölcsönhatásukban növekvő önállósággal rendelkeznek, struktúrájukat egyre magasabbrendű önszabályozó mechanizmusokkal képesek fenntartani és helyreállítani, megvédeni a káros behatásoktól. Az állati organizmusok kiépítenek maguk körül egy specifikus kölcsönhatási rendszert, amely mint burok megóvja őket – bizonyos határok közt – a környezet bomlasztó-pusztító akcióitól. Ebben alapvető szerepet játszik az, hogy a természetes kiválogatódás folyamatában, a környezettel folytatott szakadatlan kölcsönhatásaik során, külön funkcióvá válik – és a funkcióval együtt kifejlődik az azt megvalósító specifikus szervrendszer – a számukra életfontosságú környezeti hatások felvétele és elemzése, az emléknyomokkal való egybevetése, az organizmus mozgásának ennek alapján történő vezérlése. A változó feltételekhez való mind rugalmasabb és sokoldalúbb alkalmazkodás eszközeként kialakulnak a feltételes reflexes mechanizmusok, önmagukban semleges ingerek jelzőivé válnak a biológiailag releváns hatásoknak; létrejön a várható természeti hatásokhoz való megelőző alkalmazkodás, a hatások ily módon kiterjedő anticipáló tükrözése és a szük-

séges cselekvésre való előzetes felkészülés alapján. Ebben a folyamatban jelennek meg az állatvilágban – az önszabályozás fiziológiai mechanizmusai mellett – a pszichikus szabályozás egymásra épülő egyre fejlettebb szintjei és formái. Az emberszabású majmok pszichikus tevékenysége már bonyolultan strukturált, kétfázisos, a konkrét tárgyi szituációhoz kötött, tükröző, elemző, szintetizáló és cselekvést vezérlő folyamat, amely magas fokú adaptációt biztosít számukra.

A bennünket érdeklő vonatkozásban az a körülmény érdemel különös figyelmet, hogy az állati organizmusnál önálló funkcióvá lesz a környezeti hatások tükrözése és megelőző tükrözése, valamint ennek alapján a cselekvés vezérlése, a szükséges tevékenység pszichikus mintájának a megelőző kialakítása. A tükröző és vezérlő funkciót megvalósító idegrendszer működésében pedig funkcionálisan kiválik a pszichikus folyamat, elkülönül az őt hordozó idegfiziológiai folyamattól. Az élő organizmus nem az idegrendszer működését észleli, hanem környezetét: a tükrözésnek-vezérlésnek, a valóság eszmei reprodukciójának ez a funkcionális elkülönülése a feltétele annak, hogy az idegrendszer teljesítse funkcióját. Hogy az miként történik, pontosabban, hogy mit tudunk ma erről a mechanizmusról, majd később jelezzük.

Csak megemlíteném, hogy az ember társadalmi életmódja által kialakított magasabb rendű pszichikus (aktuális és megelőző-vezérlő) tükrözésnek ez a funkcionális kiválása már első megközelítésben is igen bonyolultnak mutatkozik. Hiszen a fogalmi szintű folyamatokat több egymásra épülő, de egymástól szintén elkülönülő folyamat hordozza: az idegfiziológiai mechanizmusok (amelyek maguk is többszintűek) hordozzák az érzéki észlelés szintjét jelentő, saját struktúrával és mozgási szabályszerűségekkel rendelkező elemibb pszichikus folyamatokat; ezekre épül rá a második jelzésrendszer, a maga önálló nyelvi-grammatikai struktúrájával, amely közvetlen hordozója a valóság fogalmi tükrözésének, a rejtett lényegi összefüggések-törvényszerűségek sajátos „eszmei" reprodukciójának. Az objektív valóság törvényszerűségei feltárásának – illetve a cselekvés ilyen szintű vezérlésének – érthető módon az a feltétele, hogy a fogalmi tükrözés funkcionálisan elkülönüljön az őt hordozó több rétegű folyamattól.

A pszichikus jelenségek tükröző (eszmei) jellegének ontológiai megközelítéséhez lényeges segítséget jelent a *kibernetika* haladása, amely az élő szervezetek, a mesterséges, technikai berendezések és a társadalom önszabályozó mechanizmusaival foglalkozik. Különösen jelentős ebben a tekintetben *az információs folyamatokra*, és ezen belül az információ természetére és funkcionálására vonatkozó eredmények számbavétele, hiszen a pszichikus működés magasabb rendű formái is információs jellegűek, az anyagi valóság meghatározott típusú jelenségeinek osztályába tartoznak.

Az első felismerés, ami a pszichikum jellegének jobb megértése szempontjából fontosnak látszik, az, hogy az információs folyamatok lényegéhez tartozik *tükröző és vezérlő funkciójuk elválaszthatatlansága:* ti. ez rávilágít arra, hogy a pszichikus jelenségek tükröző jellege nem rendkívüli, unikális valami, és arra is, hogy ez a tükrözés a pszichikus folyamatokban, éppúgy, mint minden más információs folyamatban, az adott objektív rendszer önszabályozott működését szolgálja, és ettől a reális, anyagi funkciótól elválaszthatatlan. Az imént említettük, hogy tükrözés bizonyos értelemben minden kölcsönhatásban jelen van, de funkciót csak az önműködően szabályozott, ill. vezérelt rendszerekben kap. A szó tulajdonképpeni értelmében a tükrözés akkor válik információvá, amikor *jelzéssé* lesz, jelzések folyamatává, amely biztosítja valamely rendszer egyensúlyát, fennmaradását, célszerű működését.

Minden önszabályozott rendszer sajátja, hogy a szabályozást-vezérlést egy szakadatlan információs folyamat valósítja meg. Amikor a vezérlést külön alrendszerek végzik (ilyen az idegrendszer, az agy, de ilyenek a számítógépek), ezek funkcionálisan elkülönülő információs gépezetként működnek. A lényeg az, hogy a szabályozás folyamata elejétől végéig információs jellegű, információ felvételén, elemzésén, vezérlőjellegű információ kibocsátásán, ellenőrző visszajelentéseken nyugszik. A szabályozás alapja az érzékelés: a kémiai-biokémiai szintű szabályozó folyamatokban, éppúgy, mint a pszichikusan vezéreltekben vagy a technikaiakban, érzékelők működnek, amelyek biztosítják a megfelelő körfolyamatok lebonyolítását, a folyamat megindítását, leállítását, sebességének változtatását stb. Az önszabályozás magját jelentő visszacsatolás információs jellegű: a vezérlés a rendszer állapotáról, ill. a folyamat, a tevékenység eredményéről kapott visszajelentések alapján történik. A szabá-

lyozó körök működésének alapja az információ szakadatlan kétirányú, afferens (ill. reafferens) és efferens áramlása, ebben megy végbe a tényleges állapotról kapott információ egybevetése a tárolt programmal. Az önszabályozási folyamat legjellemzőbb vonása, hogy a rendszernek a funkció állandó szintjétől való eltérése képezi egyben az ingert a meghatározott szintre való visszatéréshez: a különbség a cél és az eredmény, a rendszer meghatározott végállapota és tényleges állapota, a mért érték és a „beprogramozott" érték között – jelzés a regulátor számára, ez indítja el azokat a korrekciókat, amelyek a szinten tartást eredményezik.[7] Ez a mechanizmus kölcsönöz célszerű, teleologikus jelleget az önszabályozott, zárt ciklusban működő rendszereknek, legyenek azok élők vagy technikaiak, kémiai-fiziológiai, pszichikus vagy elektronikus vezérlésűek (illetve olyanok, amelyeket a rendszer saját állapotának változásai vezérelnek közvetlenül, vagy olyanok, amelyeket a környezeti feltételek változásai, lehetővé téve a rendszer megelőző felkészülését, „előrelátó" önvezérlését).

A kibernetikai szakirodalom a maga különböző irányaival rengeteg konkrét elemzéssel szolgál a különböző szintű, szerveződésű önszabályozó rendszerek működéséről. A Watt-regulátor, a termosztát, a robotpilóta, az elektronikus vezérlő egységek működése éppúgy, mint a biokémiai, biológiai, fiziológiai szabályozó körök (vérnyomás-, vércukorszint-, hőszabályozás stb.), az állatok és az ember pszichikus szabályozásának különböző szintjei, vagy a sajátos társadalmi szabályozás – azonos vonásokat mutatnak: ezek a felépítésüket, szerkezeti elemeiket tekintve teljesen eltérő természetű anyagi rendszerek, mint önszabályozott vagy önvezérelt rendszerek azonos funkcionális jellemzőkkel rendelkeznek. Minden önműködően szabályozott rendszerben az információk szakadatlan áramlása megy végbe; a saját állapot változásainak, ill. a környezeti változásoknak ez a szakadatlan tükrözése, a mért érték összehasonlítása a rendszer által kívánttal: ez az alapja a rendszer célszerű szabályozásának. Az információs folyamat bármely önszabályozott rendszerben egyszerre tölt be tükröző és regulatív funkciót: az emberre jellemző magasabb pszichikus tevékenység tükröző funkciója is elszakíthatatlan a cselekvés szabályozásától, az anyagi embernek az anyagi környezetével folytatott anyagi kölcsönhatása vezérlésétől.

A kibernetika meglehetősen egyöntetűen kiemeli az *információs folyamatok anyagi jellegét* (és ezek közé egészen természetesen a pszichikus folyamatokat is besorolják, éspedig nemcsak a kibernetikusok és neurokibernetikusok, hanem a kibernetika filozófiai kérdéseivel foglalkozók többsége) – miközben *sajátszerűségüket* kutatja. Az információs-vezérlő folyamatoknak az anyagi valóság más folyamataitól való eltérése érthetően kezdettől foglalkoztatja a kibernetikát. Az eredmény ismert: az információs folyamatok jellegzetes sajátosságokat mutatnak a fizika, a kémia, a biológia által eleddig tanulmányozott folyamatokhoz képest: bennük alapvetően nem fizikai, kémiai, biokémiai szerkezetű „anyagok" (a stoff, a vesecsesztvo értelmében) adódnak át vagy alakulnak át; de az információs folyamatok nem is elsődlegesen energetikai folyamatok. A gőzgép például működése közben mellékesen gőzt is kibocsát, de jellegzetessége, funkciója alapvetően mozgásátalakítás, energiatermelés. A máj, miközben tevékenysége szükségképpen meghatározott energiafogyasztással és átalakítással jár, mindenekelőtt epét, meghatározott kémiai-élettani tulajdonságokat mutató, az emésztéshez szükséges váladékot termel, szénhidrátokat, vitaminokat szintetizál és elraktároz stb. Az információs folyamat nem ilyen „anyagtovábbító" vagy „anyagátalakító", de nem is elsősorban energetikai folyamat. Tulajdonképpen ilyen értelemben mondta Wiener, hogy az információ nem anyag és nem energia, hanem az anyagi jelenségeknek egy sajátos formája. Ezzel a kibernetikával foglalkozók túlnyomó többsége egyetért. És ezt a megközelítést szükségképpen az idegrendszer működésére is alkalmazzák: az agy sajátos funkcióját abban jelölik meg, hogy vezérlő szerv, regulátor. Az idegrendszer funkciója nem valamilyen váladékot termelni, mint a máj, de nem is a vérkeringést pumpaként biztosítani, mint a szív, vagy a gépezet mozgását megvalósítani, mint az izmok stb. Az idegrendszer tehát nem energetikai gépezet, sem nem energiát termelő vagy transzformáló, hanem *információs gépezet*, és még pontosabban, ezen belül, vezérlő szerkezet.

Nem arról van szó, hogy az információs folyamatok ne kapcsolódnának össze fizikai, kémiai, biokémiai „anyagáramlatokkal", ill. energetikai folyamatokkal. Az információt felvenni, tárolni, átadni és feldolgozni nem lehet energia nélkül, nem lehet meghatározott fizikai vagy kémiai folyamatok nélkül. Az információátvitel lehetetlen valamilyen hordozó nélkül, amely közvetíti az információt és jeléül szolgál. A rádióhullámok,

hangrezgések, elektromos folyamatok, az idegimpulzusok stb. meghatározott együttesei hordozzák az információs áramot, és az információnak ez az átvitele és feldolgozása természetesen energiát fogyaszt. Maga az információs folyamat azonban más típusú folyamat. Jellemzője – mint azt az egész kibernetikai irodalom hangsúlyozza –, hogy kis energiával nagy energiájú folyamatokat vezérel. Az információ kicsiny energiamennyiségek révén valósul meg, a vezérlési információk egészen csekély energiájú jelekkel közölhetők, és velük hatalmas energiaáramlások irányíthatók. Ez éppúgy áll a kibernetikai jelcserés vezérléstechnikára, mint a neurofiziológiai és neuropszichikai folyamatokra. A tranzisztorok alkalmazásával pl. kis változóáramú jelekkel vezérelnek nagy teljesítményeket. A vér ozmotikus nyomásának szabályozását a legkisebb változásra érzékeny, elenyészően kicsiny energiájú jeleket kibocsátó neuronok végzik. A szóbeli vagy írásbeli közlésekre ugyanez érvényes.

A „vezérlési technikának" ez a sajátossága roppant nagy szerepet játszik az élővilág alkalmazkodásában. Már Szecsenov felderítette, hogy az agyféltekék szenzoros funkciójának a fejlődése mérhetetlenül kiszélesítette az élőlények adaptációs képességét, felruházta őket azzal a képességgel, hogy viszonylag gyenge ingerekre is reagáljanak, és ennek alapján egyre messzebbmenően anticipálják a várható, a gyenge ingerek által közvetített, előrejelzett hatásokat.[8] Az önvezérlő rendszereket körülveszi egy „információ-gyűrű", amely bizonyos határok között megvédi a rendszert a káros hatásoktól, mégpedig úgy, hogy lehetővé teszi a rendszerre káros és dezorganizáló környezeti tényezők érzékelését, felismerését, még mielőtt e tényezők közvetlen kapcsolatba kerülnének a rendszerrel. Ez a szűrő nem magukat a hatásokat, hanem a hatások jeleit fogja fel, amelyek hordozójuk és energetikai jellemzőik tekintetében teljesen különböznek maguktól a ható faktoroktól, és ezekhez képest lényegesen gyengébbek is.[9]

Ily módon az információs folyamatok jellemzője, hogy nem „anyagátvitelt" (a „stoff" értelmében) és nem energiaátvitelt, hanem – funkciójukat tekintve – információátvitelt valósítanak meg. Ezzel kapcsolatosan – bizonyára a pszichikum természetével összefüggő félreértések „begyűrűzéseként" – egyes kutatóknál az a téves elképzelés jelentkezik, miszerint az információ „valami nem anyagi, azaz szellemi" jelenség lenne.[10] Holott valójában, materialista megközelítésben, az információs folyamatok filozófiai értelemben sajátos jellegű anyagi folyamatok, az anyag újonnan feltárt, napjainkban megértett tulajdonsága; még pontosabban, az önműködően szabályozott rendszerek szabályozó-vezérlő funkciót

ellátó részfolyamata. Ezért hangsúlyozza Wiener a maga módján, hogy az a materializmus, amely ezt nem érti meg, amely nem iktatja be az információs folyamatokat az anyagi valóság rendszerébe, nem állhat meg többé a lábán.[11] A kutatók egész sora ebben az összefüggésben arra hívja fel a figyelmet, hogy az információ az anyagi rendszerek sajátos típusú kapcsolata, hatása[12], a kölcsönhatásnak egy speciális formája, jelzéses típusú viszony egyes anyagi rendszerek között,[13] amelyek feltárása az energia-folyamatokon túl parancsoló szükségletté vált a műszaki tudományok és a neurofiziológia számára.[14] Fokozatosan világossá válik, hogy az információs folyamatok az egyetemes kölcsönhatás, kölcsönös meghatározottság, a determinációs viszonyok egyik típusát képviselik[15], amely dialektikus kapcsolatban áll és összefonódik az anyagmozgás más formáival. Mindezt igen lényeges számításba venni a pszichikus folyamatok objektív tanulmányozásánál: az ezekben megvalósuló tükröző-vezérlő folyamatok – éppúgy, mint az információs folyamatok más típusainál – az anyagi kölcsönhatás sajátos formáját jelentik. Az idegrendszer mint információs gépezet működésében a külső inger energiája (legalábbis egy részében) valóban átalakul „tudati ténnyé" (Lenin), átmegy más típusú folyamatokba; idegimpulzusok viszik át az információt, amelyet a megfelelő egybevető apparátusok dekódolnak, és amely alapján ezek az élő jelcserélők, kapcsoló állomások[16] kialakítják az effektorokat vezérlő információt.

V

Az információs folyamatokkal kapcsolatosan azt szokás különösen kiemelni, hogy ezek hordozott folyamatok. Ez a „hordozott jelleg" – mint utaltam rá a pszichikus működéseket illetően – nem az információs jelenségek kizárólagos sajátja: az anyagi valóság minden folyamatára áll, hogy ráépül más folyamatokra, amelyek hordozzák, közvetítik, amelyek nélkül nem létezhetne. De kétségtelen, hogy ez a „hordozottság" itt különösen szembetűnő. Ez minden bizonnyal annak következménye, hogy az embert körülvevő makrotestek a közvetlen észlelés számára önmagukban megállónak látszanak; folyamat-jellegük, és az, hogy szüntelenül kölcsönhatásban állnak környezetükkel, hogy „átfolynak" más szintű jelenségekbe csak a figyelmes elemzésnél tűnik elő. De már az energe-

tikai folyamatokat illetően a klasszikus fizika uralmának idején is növekvő gondot okozott, hogy másként közelítendők meg, mint a fizikai testek, vagy akár az anyagáramlások és átalakulások. A nemrég felfedezett információs folyamatok még nagyobb nehézséget okoznak: hiszen ezek „láthatatlanok", hangtalanok, egyáltalában felfoghatatlanok érzékszerveink számára, szemben az energetikai folyamatokkal, amelyeknek közvetlen hatásai nemegyszer félelmetesen látványosak.

Kétségtelen, hogy az információs folyamatok jellegzetességei teljesen eltérnek az őket hordozókétól, és ezt az eltérő jelleget kell tudni tanulmányozni, ha tudományos értékű eredményre akarunk jutni, és a folyamatokat szolgálatunkba állítani. A számítógép hardware-jének működése, a huzalokon, ferritgyűrűkön, áramkörökön áthaladó elektromos impulzusok, éppúgy, mint az első mechanikus számológépek fogaskerekei és azok mozgása, változó szögállásai – csak hordozói egy ezektől különböző folyamatnak. Az idegrendszer, a neuronhálózat belső mechanizmusától, az idegimpulzusok ritmikusságától stb. gyökeresen különbözik az általuk megvalósított tükrözési folyamat; ahogyan a tv képernyőjén megjelenő kép is egészen más természetű, mint a leképezést megvalósító bonyolult információ-átviteli, kódoló és dekódoló technikai lánc. Az agy neurodinamikai struktúrája csupán a képmás, az információ hordozója, és ebben a struktúrában nem lehet feltárni ezt a képmást.[17] Az információt hordozó jelek és maga az információ, a jel jelentése közti eltérést Tugarinov találóan jellemzi: az egyik, a jel, a maga természetes formájában, pl. a közlekedési lámpa zöld színe a jel „fizikai teste"; ezzel szemben a jel által jelzett megoldás a jel „eszmei teste" (vagy inkább „érzékileg érzékfeletti teste" – mondhatnánk Marx után), a jel társadalmi jelentése.[18]

Ebből következtetnek néha arra, hogy ez a jel fizikai természetétől eltérő, általa hordozott, „fizikai" paraméterekkel nem rendelkező, és ezért ezen a szinten „nem érzékelhető" információs folyamat – „nemanyagi" lenne.[19] A zavar nyilvánvalóan azzal is kapcsolatos, hogy az „anyagiság"-nak egy vulgáris, „fizikai" felfogása meglehetősen szívósan tartja magát filozófiai irodalmunkban. Ezek a fizikai, technikai, kémiai, idegfiziológiai mechanizmusok által hordozott információs, tükröző-szabályozó folyamatok *önmagukban is*, mint az önműködően szabályozott anyagi rendszerek mozgásának és kölcsönhatásának sajátos formái, oldalai (ideértve az élő szervezetek pszichikus tükröző-vezérlő folyamatait, mint specializált funkciójú élettani folyamatokat) – természetszerűen anyagiak abban a filozófiai értelemben (a dialektikus materialista ontoló-

gia értelmében), hogy az egyetlen anyagi valóság sajátos paramétereket mutató részfolyamatai; de anyagiak tulajdonképpen egy lényeges *ismeretelméleti* értelemben is: ti. hogy objektíven létező, végbemenő folyamatok, hogy a legmagasabbrendű pszichikus folyamatok sem függnek az azokat vizsgáló szubjektumtól, nem a vizsgálatot végző kutató érzeteinek, fogalmainak valamiféle együttese, nem a pszichikumot tanulmányozó tudatban van, hanem azon kívül és attól függetlenül létezik.

VI

Mindez szükségképpen visszavezet bennünket *az információ specifikumának*, természetének kérdéséhez. Meg kell mondani, hogy a kérdés még eléggé tisztázatlan.

Egyfelől az imént jelzett értelmezési zavarok jelen vannak. Az az egész kibernetikai irodalomban aláhúzott tény, hogy az információ természete teljesen eltér az őt hordozó jel természetétől; hogy az információ „láthatatlan valami", hogy nem „anyagfolyamat" (a stoff értelmében), és nem is energetikai jellegű – mint láttuk meghatározott idealista előítéleteket táplál (amibe belejátszik a pszichikum problémája), vagy legalábbis pozitivista magyarázatokat szül, amelyek szerint az információ sem nem anyagi, sem nem eszmei, hanem egy harmadik valami, „semleges" képződmény.

De másfelől – és ez a nagyobb probléma – bármennyire igaz is, hogy az információs folyamatokat egyre nagyobb mértékben felhasználja és a maga ellenőrzése alá vonja az ember, egyelőre nehéz ezeket a jelenségeket helyesen megfogni, körülhatárolni, természetüket meghatározni. Bizonyos lényeges összefüggések azonban ma már jól ismertek.

a) Így először is világos, hogy az információ nem létezik hordozó nélkül. Mint már szó volt róla, az információs jelenségeknek a „hordozottsága" különösen szembetűnő éppen annak következtében, hogy maguk nem rendelkeznek a szó hétköznapi értelmében „fizikai", „testi" jellemzőkkel. A kibernetikai irodalom egyöntetűen aláhúzza, hogy információátvitel csak úgy lehetséges, ha van valami hordozója, amely közvetíti, és amely az információ jeléül szolgál. Az információ csak hordozójával ragadható meg, csak hordozójával vihető át, dolgozható fel, csak hordozója révén, a vezérlő jelbe foglaltan hat. A biológiai szabályozó

körökre is jellemző, hogy jelbevitel, a jelnek a tárolt programmal való összehasonlítása, cselekvési alternatívákhoz való visszanyúlás, az alkalmas jelnek a vezérlő szervekhez való kivitele útján működnek.[20] Kétségtelen például, hogy a vérnyomás szabályozása a nyomás csökkenéséről vagy emelkedéséről érkező információáramlásra épül; a vérnyomás csökkenése az, ami serkenti a vérnyomásemelő rendszer működését, emelkedése az, ami viszont ellenkező irányba hat; ez az információs tükröző-vezérlő folyamat azonban a neuronok által generált és továbbított idegimpulzusok útján valósul meg, a vezérlő információ az idegimpulzusokban sajátos természetű jelekben kódolva hat.[21] A magasabb rendű pszichikus szabályozásra is áll, hogy a környezetből áramló információ felvétele, az agyi központokba való átvitele és feldolgozása, a megfelelő cselekvési program kialakítása és végrehajtása megint csak speciális kód révén, a természetes és mesterséges nyelv eszközeivel történik.

Figyelemre méltónak látszik ezzel kapcsolatban Ukraincevnek az a megjegyzése, hogy a technikai berendezésekben információk továbbítása és szabályozásra való felhasználása céljából az ember tulajdonképpen a szervetlen anyagban végbemenő elemi visszatükrözési folyamatokat alkalmazza.[22] A legegyszerűbb robotpilóta-kormánygép működését például az biztosítja, hogy a repülőgépnek a függőlegeshez képesti elmozdulásait a mindig függőleges helyzetet megőrző giroszkóphoz csatolt csúszófej elmozdulásai „tükrözik", ezek pedig az érintkezőben meghatározott elektromos impulzusokban „tükröződnek"; az impulzus továbbítódik a követő-végrehajtó rendszerbe stb. Hasonlóan, az élő organizmust érő külső hatások a külső érzékszervekben idegimpulzusok formájában tükröződnek, ezek a szinaptikus csatlakozásokon kémiai folyamatokban tükröződnek stb., stb. Az elemi – szabályozó funkciót önmagukban nem játszó – visszatükrözési folyamatok hordozzák az átfogó, egységes egészt alkotó, komplexebb struktúráltságot mutató információs-szabályozó működést, amely végül is összefüggő rendszerben valósítja meg az adott önszabályozó rendszer állapotának, ill. az adott környezeti hatásoknak a folyamatos tükrözését.

Ez a sajátossága az információnak fejeződik ki abban, hogy mindig *kódolt* jellegű. A számoló-számítógépek fejlődéstörténete a számábrázolás, a számértékek kódolásának is története. Az első mechanikus számológépeknél fogaskerekeik szögállása játszotta a kód szerepét. A lyukkártya lyukjelekkel tárolja az információt. A lyukszalag bináris kódban továbbítja a gépnek a programját stb. Az élő rendszerek kémiai és bioelektromos kóddal működnek, az ingervezetés az idegrostban frekvenciakódban

történik;[23] a magasabb rendű pszichikus folyamatokat szó-jelek közvetítik stb.

Az információnak ez a kódoltsága azt jelenti tehát, hogy különböző természetű jelek, jelzések hordozzák. A kölcsönhatásokban létrejövő információ jellegzetessége, hogy miközben a hatást kifejtő objektum hatása átmegy az anyagmozgás más formájába, az így keletkező átszerveződésben él és működik az objektumról való információ, mégpedig úgy, hogy a folyamatos információ modulálódik, a szignál kvantolása révén diszkrét, diszkontinuus információvá lesz.[24] A kis energiájú, jelző funkciót játszó folyamatok, gyenge jelző ingerek hozzák és közvetítik a környezeti hatásokról, ill. a rendszer belső állapotáról való információt. Az állatok távolsági receptorai ilyen jelzések felvételét és átalakítását végző információs szervek. A második jelzésrendszerre épülő magasabb rendű pszichikus működés közvetítések, átkódolások sorozatát mutatja, kezdve a receptorok által felvett jelzésekkel, ezek közvetítésével az idegi jelek által, egészen a szó-jelzésekben történő átalakításokig. A jelzéses forma teszi lehetővé az információ átvitelét, tárolását, összehasonlítását, feldolgozását az adott rendszerben, a specializált információs gépezetben, annak természetéhez, lehetőségeihez adaptáltan. Az elektronikus számítógép például csak a maga lehetőségeire lebontott, átkódolt adatokat képes feldolgozni. A neuronok csak a sajátosan átalakított és kvantált idegmpulzus formájában, e sajátos jelzések formájában tudják felvenni és továbbítani a külső hatásokat. A genetikai információ nukleotid-sorozat formájában kódolt stb. Ezzel kapcsolatban igen lényeges mozzanat, hogy a kód *absztrakt* volta az, ami lehetővé teszi az információ tárolását, megőrzését, védelmét, nagyfokú stabilitását.[25] A jelzésekben való kódolás minden szinten, az önműködően szabályozott természetes rendszerekben éppúgy, mint a magasabb rendű pszichikus működésekben, vagy az ember által létrehozott technikai rendszerekben, objektíve absztrakciót jelent, és ennek következtében részleges információ-veszteséggel jár, ami azonban nélkülözhetetlen a felvett nagy adatmennyiség rendezéséhez, átviteléhez és feldolgozásához.[26] A pszichológiai irodalomból ismert, hogy az egyszerű érzékelés és észlelés is szelektív, absztrakcióval járó felvétele a környezeti ingereknek, és ez az elvonatkoztatás a receptorok finommechanizmusában is érvényesül. Ami pedig a magasabb pszichikus működéseket illeti, ezekre jellemző, hogy az ember minden hozzájutó információt átkódol abban a szelektív és generalizált kapcsolatrendszerben, ami a beszéd.[27]

b) Egy további lényeges és általánosan elismert jellemzője az informá-

ciónak az, hogy az őt hordozó kódjeleken kívül eső viszonyokat fejez ki, éppen ezeknek az elvonatkoztatásoknak a segítségével. Ez alkotja az információs folyamatok lényegét: a tükröző-vezérlő folyamat mindvégig hordozott jellegű, kódolt formában megy végbe, meghatározott mechanikus, elektromos, biokémiai, bioelektromos, nyelvi stb. közvetítésekben realizálódik – de lényege teljesen eltér emezektől. A nagy kérdés az, hogy milyen vonatkozása, milyen oldala, mozzanata ezeknek a hordozó folyamatoknak az, ami ezt az információs tartalmat közvetlenül képviseli? Ez a nem egészen világos, mert nem kiforrott ismereteket jelző fogalmazás arra kíván utalni, hogy a tükröző-szabályozó folyamatokat hordozó jelzéses folyamatokban keresi a szakirodalom azokat a sajátos struktúrákat, amelyek magát az információt jelentik. Rengeteg elemzést találunk erre nézve. Ami jelenleg eléggé egyöntetűen megfogalmazódik kb. az, hogy *a hordozó folyamat strukturáltsága, rendezettsége* képviseli az információt, hogy ez a rendezettség *izomorf* vagy homomorf azzal a struktúrával vagy hatással, amely az adott folyamatot kiváltotta. Erről írja Tugarinov, hogy ez a kölcsönhatásnak egy sajátos oldala, amely meghatározott híradást hordoz a kölcsönható objektumokról.[28]

Konkrétabb megközelítésben: az egyes rendszerek egymásra hatása közben bizonyos változások keletkeznek a kölcsönható rendszerekben, és ezek a változások maguk – *más alakban – reprodukálják* a másik rendszer folyamatainak sajátosságait. Így pl. a fényforrásnak a fotocellára gyakorolt hatása korrelál a sugárzás intenzitásával, ez utóbbit reprodukálja más alakban a fotocella működése (és ezért olvasható ki belőle a fényintenzitás értéke).[29] Ilyen értelemben az információ a dolog *rendezettségével* azonos, ez a rendezettség az, ami átalakult formában megismétlődik, ill. fennmarad a tükrözés folyamatában. A rendezettség pedig feltételezi a *heterogenitást*, a rendszeren belüli *különbözőséget*, az ún. varianciát. Ezért hangsúlyozzák, hogy az információ úgy fogható fel, mint különbözőség, mint variancia, amely az adott rendezettségben adódik át, hiszen az információs folyamatokban, az átkódolások során, ez a különbözőségeken alapuló rendezettség az, ami újabb alakokban továbbítódik és fennmarad, és a vezérlés alapját adja.[30] Ennek alapján emelik ki, mint az információ jellegzetességét, a benne megvalósuló izomorfizmust vagy homomorfizmust.

V. Stoff, a modellekről írott könyvében, arra a következtetésre jut, hogy a visszatükrözés lényege a struktúrák hasonlóságában van, hogy benne a visszatükrözött struktúra őrződik megváltozott vagy átalakított formában a visszatükröző rendszer struktúráján belül. Az információ

ennek a szervezettségnek-rendezettségnek a kifejeződése. Vekker nyomán hangsúlyozza, hogy „a külső környezet tartalma mint a jelzés állapotainak rendezett halmaza kerül a vezérlő rendszerbe, és ez a szervezettség az adott információ forrásának a képe, visszatükröződése. Éppen mivel az információ a jelzés szervezettségének, rendezettségének kifejezése, s egyben forrásának képe, válik lehetővé a vezérlő rendszer adekvát reakciója a környezet felé, vagyis a vezérlés." Az információ – írja Stoff – viszonylag független a hordozó jel fizikai természetétől: amit ténylegesen kifejez, az az információforrás állapotainak szervezettsége, amit átalakult formában továbbvisz az információhordozó állapotainak rendezettsége. A szabályozási folyamatokban, ami hat és működik, az éppen az anyagi rendszerek szervezettségének (strukturáltságának) az átvitele az egyik rendszerről a másikra; a szervezettség (rendezettség) az, ami vezérel. Az információban ez a rendezettség absztrahálódik, az adott rendszer konkrét tulajdonságaitól és a kölcsönhatás feltételeitől elvonatkoztatva rögzítődik. Ezért kapcsolódik szorosan az információ fogalma az izomorfizmushoz: az információ átadás, -felfogás és -tárolás folyamatai a rendezettség, strukturáltság megőrzését tételezik fel. Ez az izomorfizmus, ill. homomorfizmus tehát az információ lényegéhez tartozik.[31]

Erre utal a többi közt az érzékszervek működése is. Gazdag kísérleti anyag alapján ismert, hogy az észlelés aktív folyamat, hogy a tárgylátás feltételezi a szem követő, „letapogató" mozgását, hogy a tapintás is az érzékelő bőrfelület követőmozgatását szükségeli. A megismeréssel kapcsolatosan szintén közismert, hogy a tárggyal folytatott aktív, gyakorlati kölcsönhatásban realizálódik. Mindez megerősíti azt a következtetést, hogy a tárgy struktúrájának, rendezettségének az átvitele egy másik rendszerbe a lényege az információs folyamatnak. Tarján megfogalmazása szerint, az információt a jelek meghatározott elrendeződése, a konfiguráció reprezentálja; az információ: rendezettség, időbeli egymásutániság vagy térbeli elrendeződés.[32] Az a következtetés is igen lényeges, hogy az információ keletkezésének, fennmaradásának és funkcionálásának a feltétele a rendezettség, a strukturáltság, amely kettős meghatározottságú: alapja a variancia, a különbözőség, és ugyanakkor a varianciának a viszonylagos invarianciája, azaz állandósága, a strukturáltság megőrzése. Minden felismerésnek (a gépi felismerésnek is – lásd például a posta által alkalmazott automata levélosztályozó működését) feltétele a heterogenitás (homogén közegben nem ugrik ki semmi, nincs felismerhető struktúra), és a vezérlés alapja éppen az adott heterogenitás állandósága és leképeződése, átvitele a maga lényegi azonosságában az érzékelő-

értékelő rendszerbe. L. I. Vekker a jelek (szignálok) szerveződésének alapelveként jellemzi az invarianciát, a generalizációt, az izomorfizmust. Az elsődleges képmások konstansságát a metrikus invariánsságból származtatja, a másodlagos képmások jellegzetességét általánosabb és elvontabb invariánssághoz kapcsolja.[33]

Úgy tűnik, ezek azok az elemek, amelyeket a matematikai információelmélet kiemel, amikor a jelek rendezettségére, az elrendeződés valószínűtlenségének mértékére, a negentrópiára helyezi a hangsúlyt, és mennyiségileg kísérli megragadni az információt.

c) Nagyon lényegesnek látszik az információ természetére nézve (és ennek következtében a pszichikus információt illetően is), hogy az információ mindig a *különbözőség kifejeződése*, a differenciára vonatkozik. Amikor a szakirodalom úgy fogalmaz, hogy az információ új közlés, arra utal, amit például Anohin úgy jellemez, hogy az információ a szervezetet, gépet vagy társadalmat érő hatások olyan összegeződése, amely valami újat eredményez e rendszerek tevékenységében, amit felhasználnak további viselkedésük, tevékenységük meghatározására.[34] Egy adat mindig a differencián nyugszik, mindig viszonyítás. A repülés magasságát például a készülék a földfelszínhez képest adja; a gazdasági növekedésre vonatkozó információ az előző időszakhoz vagy más országok fejlődéséhez viszonyított adatot jelent. Ez a különbözőség mint az információ lényege alapvető szerepet játszik minden szabályozó-vezérlő folyamatban. Már utaltunk arra a kibernetika által feltárt tényre, hogy a vezérlés éppen a differencián nyugszik: vezérelni annyi, mint egy meghatározott állandóhoz igazítani a változót; a rendszer „célja", állandója és a működése közben létrejövő eredmény közti különbség vezérli a rendszert; ez a differencia: jelzés a regulátor számára; a különbség jelzése: ez éppen az információ átadása a regulátornak.[35] A funkció állandó szintjétől való eltérés képezi az ingert (a vezérlő jelt, az információt) a meghatározott szintre való visszatéréshez;[36] az objektum meghatározott végállapota, célja, és a tényleges állapota közötti különbség a mozgatóerő a teleologikusan működő szerkezeteknél.

A magasabb rendű pszichikus információs folyamatokra, a megismerésre vonatkozóan már régebbről tudjuk, hogy az információ éppen a különbségre vonatkozik, és hogy éppen ez a differencia vezérel. A megismerés pontosan a *differentia specifica* feltárása, a specifikus, eltérő vonások kiugratása. Tudjuk, hogy meghatározni annyit tesz, mint tagadni, mint az eltéréseket számba venni. Az egyes szaktudományok is úgy jár-

nak el, hogy a máshoz való viszonyításban ragadják meg a tanulmányozott jelenségek sajátosságait.

Az információ természetére keresve választ, kiemeltük néhány már jól ismert sajátosságát: azt, hogy mindig hordozott valami, kódolt formában, jelzésekben létezik és működik; hogy ugyanakkor az őt hordozó kódjeleken kívül eső viszonyokat fejez ki; hogy ez utóbbi alapvetően abban áll, hogy az információt hordozó folyamatban megőrződik (absztrakt formában) a kölcsönható jelenségek időbeli-térbeli strukturáltsága, és ez a rendezettség maga az információ; hogy a rendezettség alapját képező heterogenitás, különbözőség az információ lényeges eleme, hogy az információ éppen a differenciára vonatkozik. Nem állítható, hogy a szakirodalomnak ezek az eredményei – amelyek a pszichikus információ természetére is érvényesek a maguk általánosságában – teljes feltárását jelentik a kérdésnek. Az információ természetének jobb, mélyebb megértése igen lényeges a kibernetikai szerkezetek gyakorlati továbbfejlesztése szempontjából is.[37] Ez jelentős a pszichikus folyamatok természetének tudományos tisztázása szempontjából is, miközben a magasabb rendű információs-vezérlő folyamatok elemzése minden bizonnyal továbbra is alapvető segítséget nyújthat a technikai rendszerek fejlesztéséhez. Az információ természete bizonyára csak abban az összefüggésrendszerben tárható fel, amelyben valóságosan funkcionál. Az információs-vezérlő jelenségek is csak kölcsönhatásaikban ragadhatók meg, az anyagi összefüggéseknek abban a rendszerében, amelyhez szervesen hozzátartoznak. A kölcsönhatás a dolog igazi *causa finalis*-a, a kölcsönhatáson túl nincs mit megismerni – jegyzi meg Engels „A természet dialektikájá"-ban –, és ez természetesen a pszichikus információs folyamatokra is áll.[38]

VII

De menjünk még egy lépéssel tovább: az információ természete után kérdezve, eljutottunk egy, a pszichikus jelenségek tükröző, „eszmei" jellegének materialista megközelítésére nézve különösen fontos problémához: az információnak a hordozójától való *funkcionális elkülönüléséhez*. Ez az elkülönülés valószínűleg a feltétele annak, hogy az információ valóban meghatározott, rajta kívül eső viszonyokat kifejezhessen, és

ennek alapján, szabályozó-vezérlő szerepét betöltse. Láttuk, hogy az információ természete teljesen eltér hordozójáétól, hogy a tükröző-vezérlő folyamat elemi fizikai-kémiai-biokémiai visszatükrözések alapján működik és önálló funkciót képvisel ezekhez képest. A biológiai szabályozó körök „lépései" sajátos idői struktúrát mutatnak, amelytől teljesen elüt a folyamatot hordozó elemibb kémiai reakciók szerkezete. A felvett hatásokról nyert információ a hatással izomorf, azt fejezi ki, azt tükrözi – és nem hordozóját, és ezért képes vezérelni az önműködő rendszert. A pszichikus szabályozás során az organizmus nem az idegimpulzusokat észleli, hanem az ezeket kiváltó ingereket, és az effektorokhoz küldött vezérlő jelek ezekkel kapcsolatosak. Az észlelet: tükörkép és nem kódjel: amikor látunk egy tárgyat, nem az arról visszaverődő fénysugarakat észleljük, és nem is az ezek által keltett idegfiziológiai folyamatokat, hanem magát a tárgyat. A kép – írja Leontyev – valamilyen kód útján közlődik, de maga nem jel, hanem a valóság tényleges visszatükrözése, amely megközelíti gazdagságban a valóságot, és ezért válhat belső „eszmei operátorrá"[39].

Hogy az információs folyamatoknak ez a különbözősége és elkülönülése az őket hordozó kódoktól lényegi vonásuk, azt jelzi a *dekódolás* jelenléte a szabályozó körökben. A szakirodalom adatai arra utalnak, hogy desifrírozása révén „ugrik ki", válik operacionálissá az információ. A dekódolás szerve pedig a vezérlő szerv, amely szintén diszkrét természetű jelekkel dolgozik[40], és elvégzi a tényleges állapotról jövő jelzés egybevetését a rendszer célját képviselő jellel, és mint szó volt róla, éppen ezzel nyer információt. Hogy pontosan hogyan megy végbe az információ dekódolása, az élő rendszereknél még csak részben ismert. Azt például ma már tudjuk, hogy a genetikai információt a DNS-molekula hordozza, mégpedig a nukleotidok sorrendjében, a nukleotid-szekvenciában kódolva; a nukleotid-sorrend és a kész szervezet közti információkapcsolat számos állomás közvetítésével valósul meg, amelyből az elsőt, a fehérje felépítésének irányítását a DNS által, kezdjük jól ismerni.[41] Az idegi szabályozás mechaniznusaival kapcsolatosan a szakirodalom határozottan felveti, hogy a felvevő készülékek által kódolt ingereket a központi idegrendszer szükségképpen dekódolja: enélkül nem lehetséges a beérkező jelek (idegimpulzusok) értékelése és feldolgozása; a dekódolással kapcsolatos alapmechanizmusokról elég sok minden kezd ismertté válni; feltételezik, hogy maga az értékelés és feldolgozás számos sejt egyidejű működésével történik, és hogy ebben az ideghálózat egyértelmű „huzalozása" alapvető szerepet játszik.[42] A receptorok kódolt információjának

központi „desifrírozásáról" tulajdonképpen még nagyon keveset tudunk: bizonyos részjelenségeket kezdünk megismerni, így azokat a kérgi és kéregalatti neuroncsoportokat, amelyek a látás esetében a színek és formák felvételére specializálódtak. Ádám György következtetése szerint, az érzékelés esetében egy „szendvicsszerű" jelenséggel állunk szemben: „a külvilági információ analóg idegi folyamattá válik az érzékszerv perifériális sejtjeiben, az idegpálya digitális jelenségei után a központok újból analóg processzussá alakítják át ezt a kapott információt"[43]. Az ember pszichés folyamatainak magasabb szabályozását illetően feltételezik, hogy az ezeket irányító bonyolult szóbeli programok a homloklebenyben alakulnak ki, és hogy ennek következtében a homloklebeny alapvető szerepet játszik a megfelelő információ kiszűrésében.[44]

Különös figyelmet érdemel az információ dekódolásával kapcsolatosan az ember által létrehozott technikai rendszerek működése, hiszen ezeket – a dolog természeténél fogva – jobban ismerjük. Az elektronikusan működő számítógép lehetőségeinek megfelelően binárisan kódolt információt szükségképpen vissza kell alakítani olyan formába, amelyben az ember számára értelmezhetővé válik: ez a feltétele annak, hogy az ember–technika rendszer működjék. Ez azonban gyakorlatilag azt jelenti, hogy a bináris kódról át kell térni az ember által alkalmazott szó-jelekre, a fogalmak „természetes" nyelvi kódjára, mert csak ez az információhordozó *vethető egybe* az emberi – szintén nyelvi kódban megfogalmazott – programokkal. Hogy a dekódolásnak valahol itt van a lényege, az a teljesen önműködő berendezéseknél talán világosabban megfogható. Az automatikus vezérlésnek az a feltétele, hogy a vezérműben *azonos kódban* történjék az *egybevetése* a tényleges állapotról érkező jelnek a vezető jellel (céllal), ti. enélkül nem lehetséges az egybevetés. Amikor tehát a számítógép bináris kódját átalakítjuk nyelvi kóddá, nézetem szerint nem dekódoljuk, hanem csupán átkódoljuk a gép információját. A tényleges dekódolás a nyelvi kód síkján történik *az egybevetéssel* stb. A szakirodalom a gép kódjának az emberi nyelvi kódra való áttételét néha „tartalmi kódra" való áttérésnek nevezi. Azt hiszem, lényeges látni, hogy a nyelvi eszközökre való átvitel az embernek azért jelenik meg mint tényleges dekódolás, mert az általunk használt nyelv („természetes" vagy mesterséges nyelv) esetében a beszéd-jelek dekódolása, egybevetése szüntelenül végbemegy, és hogy ebben az esetben sem a szó-jeleket appercipiáljuk, hanem azok információs tartalmát. Ennek ellenpróbája az, amikor egy számunkra teljesen ismeretlen nyelvbe ütközünk: itt teljesen világos, hogy kóddal van dolgunk, amelynek desifrírozása tudatos, mert verejté-

kes folyamat: ebben az esetben a szó-jelek nem „hozzák" automatikusan magukkal jelentésüket, azt, amit Tugarinov a jel „eszmei testének" nevez. Ha mindez igaz, akkor az is valószínű, hogy a nagyagyi központok nem úgy dekódolják a receptoroktól érkező információt, hogy a digitálisan kódolt információt visszafordítják közvetlenül valamiféle analóg folyamatba (a kísérleti adatok mintha ennek ellentmondanának), hanem az egybevetési mechanizmusokkal kiszűrik az információt jelentő „varianciát", a tér- és időbeli összefüggéseket, strukturáltságot, rendezettséget...

VIII

A pszichikus információnak ez a funkcionális elkülönülése különös figyelmet érdemel a pszichikum „eszmei" jellegének materialista értelmezése szempontjából. De mielőtt áttérnénk néhány vonatkozására, helyénvalónak látszik az információs folyamatok sajátosságainak elemzéséből néhány következtetésre utalni.

Nehéz abban kételkedni, hogy az önszabályozó technikai rendszerek, vagy a biológiai-biokémiai szabályozó körök információs folyamatai *anyagiak* lennének. Azok is, akik a pszichikus jellegű információs folyamatokkal kapcsolatosan hagyományosan fenntartásokkal élnek, meglehetősen egyértelműek, még ha az információ természetét illetően olykor zavarban vannak. Kiemelik, hogy itt a determinizmusnak egy sajátos, igen elterjedt típusával van dolgunk, „információs okozatisággal"[45], a kölcsönhatás speciális formájával, jelzési viszonnyal.[46] A kibernetika alapvető eredményeivel összhangban aláhúzzák, hogy az információ objektív folyamat, hogy az információs folyamatok éppúgy jellemzői az objektív valóságnak, mint a fizikai anyag- és energia-átalakulások stb.[47]

A kibernetika oldaláról közelítők többsége természetszerűen ennek megfelelően értelmezi az információs folyamatok osztályába tartozó pszichikumot is. A kibernetika a gondolkodást mint objektív, materiális folyamatot szemléli[48], az analizátorokat sajátos érzékelők, csatornák és feldolgozó apparátusok rendszerének tekinti, amelyhez előrelátási és egybevetési rendszer is tartozik; az agy funkcionális rendszereit információtovábbító, tároló és feldolgozó rendszereknek fogja fel, amelyeknek általános jellemzőit a kibernetika tanulmányozza.[49] Az önszabályo-

zás törvényszerűségeivel foglalkozó tudomány szemszögéből *nincs elvi különbség* a pszichikus és az egyéb információs mechanizmusok között.[50] A kibernetika elvonatkoztat a vezérlőrendszerek konkrét természetétől, és csak azt vizsgálja, ami közös bennük: az információáramot, az információ-átadás és -feldolgozás, valamint a vezérlés közös törvényszerűségeit.[51] Ennek megfelelően a pszichikus folyamatot funkcionálisan közelíti meg, az alkalmazkodást pl. bonyolult funkcionális rendszerek működésének fogja fel, amelyek változó módszerekkel érik el a szükséges állandó effektust, elveti azt az érvelést, amely az önszabályozó gépek és a feltételes reflexes mechanizmusok közti analógiát azon az alapon tagadja, hogy az agyműködést nem technikai, hanem biológiai törvényszerűségek határozzák meg.

Az információs folyamatok természetével, törvényszerűségeivel kapcsolatos eredmények nagymértékben hozzájárultak már eddig is a sajátos pszichikus folyamatok általános tulajdonságainak, jellegzetességeinek, mechanizmusainak a feltárásához.[52] Segítenek leküzdeni az idealista-dualista misztifikáció maradványait, és egyúttal helyes értelmezésükkel a vulgármaterialista tévedések elkerülésében is lényeges szerepet játszanak: hiszen éppen a kibernetika tárta fel az információs processzusok sajátosságait, eltérésüket az anyag-átviteli és energetikai folyamatoktól; és a kibernetika alapvető jellegzetességévé vált a szigorúan funkcionális nézőpont is.

IX

Vizsgáljuk meg végezetül kissé közelebbről a pszichikus tükrözés *funkcionális elkülönülésének* a problémáját, hiszen ez nyilvánvalóan összefügg a pszichikus jelenségek sok nehézséget okozó „eszmei" jellegével.

Figyelemre méltó, ahogyan J. Ponomarjov közelíti meg a kérdést. Az embernek – írja – a megismerő tevékenység során ki kell emelnie a környező világgal folyó kölcsönhatásának összetermékéből a visszatükrözés tartalmát, azaz a tükrözött tárgy másolatát, képmását. Ezt Ponomarjov „az információ kiemelése (kivonása) elvének", „az információ funkcionális kiválasztásának" nevezi. Ennek eredménye abban fejeződik ki, hogy az emberben a *tárgy* tudatosul, és nem saját visszatükröző apparátusának a működése.[53] Hogyan megy végbe az információnak ez a

„funkcionális kiemelése"? Dióhéjban, a szerző abból indul ki, hogy a képmás és annak hordozója két összefüggő, de ugyanakkor teljesen különböző valami, hogy a tárgy lenyomata egy másik tárgyon (például a fotoemulzió módosulása a tárgyról visszaverődött fény hatására) nem azonos a tárgy képmásával; a hatást elszenvedett tárgy módosulása csak annyiban jelenik meg képmásként, amennyiben a módosulást a lenyomatot kiváltó tárggyal való összefüggésében vizsgáljuk stb. Ponomarjov következtetése lényegében az, hogy kell lennie egy olyan mechanizmusnak, amely a lenyomatból „kiemeli" a tárgyra, annak tulajdonságára, hatására, mozgására vonatkozó információt, mert ez a feltétele az állat, ill. az ember tájékozódásának és célszerű viselkedésének. Ennek a mechanizmusnak a veleje az – fogalmaznám személytelenül –, hogy a lenyomat egybevetődik annak eredetijével, és a lenyomatból absztrahálódik, kivonódik az azt kiváltó tárgy képmása.[54]

A pszichikus információ „kiemelésének" mechanizmusát kutatva más szerzők a kibernetika eredményei alapján abból indulnak ki, hogy a tükrözött tárgy képmása, a tükrözött tárgyról való információ nem a hordozónak, hanem az eredetinek modalitása; hogy a tükrözés formáját az információ továbbításának és átalakításának módja, és elsősorban a tükröző rendszer specifikuma határozza meg; hogy a képmást nem lehet feltárni hordozó folyamatában, az agy neurodinamikus struktúrájában. A tükrözés tartalma, a tárgyról való információ szükségképpen elkülönül, absztrahálódik az idegi folyamattól, a szubjektumnak az objektummal folytatott kölcsönhatásától – írja például J. F. Buhalov. A tárgyról való információ – az a struktúra, rendezettség, amely homomorf a tükrözött tárggyal, annak meghatározott sajátosságaival – funkcionálisan elkülönül, absztrahálódik az információ hordozójától. A képmás, mint ilyen, csak ebben a vonatkozásban, a lenyomatban foglalt struktúrának a tárgyhoz való viszonyában létezik. Buhalov az információnak ezt a funkcionális absztrahálódását objektív mechanizmusnak fogja fel, amely nem tudatos szinten is realizálódik. A tükrözés tartalmának, a pszichikai képmásnak a funkcionális kiválasztódása a szubjektum aktív tevékenységében megy végbe. Az embernél, az emberi társadalomban a képmás, az információ funkcionális kiválasztásának, átalakításának és kifejezésének eszköze a nyelv. Buhalov a képmás elkülönülésének konkrét mechanizmusát illetően a rendelkezésre álló szaktudományos adatok alapján utal arra, hogy a képmás kialakulása meghatározott idegfolyamatok alapján történik (afferens szintézis stb.).[55]

Ami nagyon lényegesnek látszik ebben a megközelítésben, annak a jel-

zése, hogy az állatoknál is, éppúgy, mint az embereknél, az idegrendszerben keletkező lenyomatok információs tartalmának az elkülönülése az információt hordozó idegi folyamatoktól a feltétele egyáltalán az élő organizmus fennmaradásának. A pszichikus tükrözés, a maga legegyszerűbb formáiban is, a környezeti hatásokról ad információt, mégpedig úgy, hogy az érzékelésben, az észlelésben nincs jelen az azt megvalósító, hordozó idegi folyamat. A funkcionálisan elkülönülő észlelet létfontosságú szerepet játszik az organizmus, a szubjektum tevékenységében, ez képezi az alapját orientálódásának és adekvát cselekvésének. Az élőlény nem a külső hatások által kiváltott belső módosulásokat, idegimpulzusokat észleli, hanem magukat a külső hatásokat. A „lenyomat" információs tartalmának ez a funkcionális absztrahálódása és aktualizálódása – ez az élő organizmus érzékenységének a lényege, az élő anyag működésének sajátossága, ami nélkül nem maradhatna fenn. Ez teszi lehetővé célszerű megelőző mozgásait, felkészülését a várható hatásokra stb. Ez természetesen azt is jelenti, hogy az információ funkcionális elkülönülése az élő folyamatok minden szintjén végbemegy, és semmiképp sem az emberre jellemző tudatos absztrakció révén valósul csupán meg. Más kérdés az, hogy vannak olyan tükrözési folyamatok, amelyekben a hordozótól való elvonatkoztatás, az információs tartalom kivonása tudatosan történik (ez a nyelvi, a számítógépes folyamatoknál például nélkülözhetetlen). De a tudatos működésnek is sajátja, hogy sohasem tudatosul benne az adott tükrözést megvalósító adott idegi mechanizmus. Az észlelet sem úgy jön létre, hogy az ember „megvizsgálja" az érzéki másolat hasonlóságát az eredetivel. Ráadásul az embernél is óriási mennyiségű nemtudatos információs folyamat működik, amely a szervezet belső és külső kölcsönhatását regulálja[56], és amelyre megint csak jellemző, hogy nem a hordozó idegfiziológiai, hormonális stb. folyamatokat tükrözik, hanem a belső és külső környezeti változásokat: ha nem menne végbe mindezekben a folyamatokban az információs tartalom elvonatkoztatása a hordozó folyamatoktól, szervezetünk működésképtelenné válna!

Az „eszmei" képmás kiemeléséről, a pszichikus tükrözés funkcionális elkülönülését megvalósító mechanizmusokról egyelőre kevés konkrétumot tudunk. Neurodinamikai szinten – mint szó esett róla – a dekódolás mechanizmusának a feltárása a jövő feladata. Ide tartozik többek között az a felismerés is, hogy a magasabb rendű pszichikus működéseket nem mereven lokalizált, dinamikus funkcionális agyi szervek valósítják meg. Az információ elkülönítését realizáló mechanizmusokhoz tartozik a külső ingerhatások szelektív és aktív felvétele, a szervezet beállítódása,

beprogramozása alapján; az aktuális külső hatások összekapcsolása a régebbi nyomokkal az afferens szintézis folyamatában; az ún. cselekvési akceptornak (vagy komparatornak) a kialakulása ennek alapján, ami lehetővé teszi a folyamatos vezérlést a visszacsatolás, a reafferentáció közreműködésével, egy „körkörös" kölcsönhatás, a reflexgyűrűk keretében. Ez az a mechanizmus, amely az agyat mint információs gépezetet (információ átvivő, feldolgozó, és információval vezérlő gépezetet) jellemzi: ezen alapulnak az anticipáló mechanizmusok, a várható külső és belső változások, a szükséges cselekvés „megelőző tükrözése".

Ami különös figyelmet érdemel az, hogy ezekben a folyamatokban megy végbe az információ elkülönítése, ezekben történik az idegrostokon szüntelenül áramló információ dekódolása, a strukturáltság, rendezettség kiszűrése. Igen lényeges ebben az összefüggésben annak felismerése, hogy az ún. „eszmei" tevékenység: belsővé vált és redukált külső, tárgyi tevékenység. A szakirodalom kiemeli, hogy a pszichikus tevékenység és a külső cselekvés rokon struktúrát mutat, hogy maguk a pszichikus funkciók is a szubjektum konkrét tárgyi tevékenységének sajátos formái. Galperin az értelmi tevékenység kialakulását vizsgálva feltárta a külső tevékenység interiorizálódását, eszmeivé válását, azt, hogy ebben a folyamatban például a munkacselekvés lerövidül, automatizálódik, az ellenőrzés átalakul figyelemmé.[57] Leontyev kimutatta, hogy a tevékenység struktúrája az, ami végeredményben lemásolja a tárgy struktúráját, hogy például a szem mozgása reprodukálja a tárgy kontúrjait, és ez a tevékenységszerkezet interiorizálódva a tárgy eszmei modelljeként funkcionál.[58] A belső értelmi cselekvések és műveletek a külsőkből erednek, interiorizálás eredményei; az embernél ezek a redukált cselekvési formák társadalmi úton adódnak át.[59] A dinamikus agyi minták a szubjektumnak a tükrözött valóságra irányuló tevékenységét reprodukálják, azzal összefüggésben, hogy a tevékenység az a reális folyamat, amelyben a tükrözött jelenség átmegy, „lefordítódik" az „eszmei"-be, a tükrözésbe.[60] Ugyanerről a mechanizmusról írja Lurija, hogy a magasabb pszichikus működések kialakulása a gyermekeknél a külső aktusoktól a külső beszéden át a külső beszéd redukciójáig és belső beszéddé válásáig vezet: ez a redukált struktúrájú belső beszéd elégséges a szándék megfogalmazására, az elkövetkezendő cselekvés sémájának felvázolására és egy komplex tevékenység-programba való kibontakozására.[61]

Ezekben a mechanizmusokban megy tehát végbe a cselekvés valóságos eredményének összevetése az anticipált eredménnyel, a cselekvés idegi modelljével. Ezekben a folyamatokban jön létre az, amit a szakirodalom

„eszmei operátor"-nak nevezett el, és amellyel kapcsolatos az a „célirányúság", amely minden élő organizmusra jellemző.

Az embernél különös szerepet játszik az információ funkcionális elkülönítésében a nyelv, ill. a társadalmi együttélés által kitermelt egyéb eszközök. A valóság „megjelenítése", „prezentálódása" az embernél egyesül a beszéddel, ill. annak redukált formájával, a „beszéd-gondolkodás" formáját ölti, a második jelzésrendszer, a szavak, a társadalmilag kidolgozott jelentések közvetítésével történik, és attól elválaszthatatlanná válik. Leontyev megfogalmazása szerint, az emberre jellemző tudat nem más, mint a valóságnak a társadalmilag kidolgozott nyelvi jelentések, képzetek és fogalmak prizmáján átszűrt tükröződése.[62] Az embernél a képmás, az információ funkcionális kiválasztásának, átalakításának és kifejezésének eszköze a nyelv, amely feltárja az információ szemantikus jelentését.[63] Az információ kiemelése a nyelvi jelekkel történik, ill. azokkal a jelrendszerekkel, amelyek a természetes beszédre ráépülnek. Az ezek közé tartozó matematikai eljárások fontos jellemzője, hogy sajátos eszközökkel elkülönítik a visszatükrözött folyamatok strukturális viszonyait, belső arányait, a dolgok invariánsságát. A jel-modellek segítségével az ember által megközelített dolgok és folyamatok lényegét, belső összefüggéseit ragadják meg, különítik el.[64] A megismerés, az elméleti elsajátítás törvényei magukban foglalják az információ elkülönítésének sajátos szintű mechanizmusait. Az analízis és szintézis, az absztrahálás, a fogalomalkotás stb. olyan eljárások, amelyek során az érzékszervek által felfogott és feldolgozott elsődleges információ az ember számára tartalmas jelzésrendszerbe átkódolva, a közvetlenül rejtve maradó összefüggéseket tárja fel.

A pszichikus információ funkcionális elkülönülése szembeötlő az emberi megismerés eredményeiben, termékeiben. Ismereteink, az elméletekben, fogalmakban, gondolati vagy tárgyi modellekben foglalt eszmei visszatükrözései a valóságnak nyilvánvaló módon önállósulnak a megismerő szubjektumtól, annak idegműködésétől. Az ismeretek, fogalmak különböző rendszerei meghatározott struktúrákban tükrözik vissza a valóság jelenségeinek adott osztályait, az emberi agyon kívül is rögzíthetők valamilyen jelrendszer segítségével, és ismét bekapcsolhatók a tevékenység vezérlésébe.

*

Összefoglalva az elmondottakat: nagyon lényegesnek látjuk a pszichikus tükrözés „eszmei" jellegének materialista, azaz objektív megközelítése szempontjából a kibernetikai-információelméleti vizsgálati módot. Az in-

formációs folyamatok osztályába tartozó jelenségek közös jellemzői vonalán igyekeztünk megvilágítani a pszichikus jelenségeket. Talán sikerült kellőképpen kimutatni, hogy az információs (tükröző-vezérlő funkciót ellátó) jelenségek az anyagi valóság kölcsönhatásainak egyik, csak nemrég megértett sajátos oldalát, az anyagi determinációs összefüggéseknek egy különös típusát képviselik, egy sajátos jelzéses viszonyt, amely mindenütt jelen van, ahol önműködően szabályozott vagy vezérelt rendszerek vannak. Arra is igyekeztünk a figyelmet felhívni, hogy a pszichikus, „eszmei" tükröző folyamatok hordozott jellege egyáltalán nem ezeknek a jelenségeknek a kivételes jellemzője és semmiképp nem adhat alapot arra, hogy szembeállítsuk őket a filozófiai értelemben „anyagi" folyamatokkal. Az információs folyamatok funkcionális elkülönülésével kapcsolatosan pedig arra szerettünk volna rámutatni, hogy ezek a jelenségek, és közöttük a pszichikus folyamatok – mint minden reálisan létező jelenség – viszonylagos önállósággal rendelkeznek, sajátos szintű és strukturáltságú szerveződési szintet képviselnek, amely eltér az őket hordozó folyamatokétól, és hogy ennek megfelelően saját mozgási törvényeik és hatásmechanizmusaik vannak. A pszichikus tükröző-vezérlő jelenségeket a saját és nem hordozójuk paraméterei szerint kell tanulmányozni, tehát a maguk valóságos összefüggéseiben, mint a külső valóság aktív, az idegrendszer által megvalósított visszatükrözését, mint a tevékenység szabályozóját, mint az ember társadalmi életmódja által meghatározott, eszköz- és társadalmilag közvetített folyamatot stb.

A pszichikus folyamatok – ahogyan erre Rubinstein rámutatott – több minőséget mutatnak egyszerre, különböző összefüggésrendszerük szerint. A pszichikus tevékenység mint a szubjektum tükröző-megismerő tevékenysége mindvégig megőrzi „eszmei" jellegét, tükröző minőségét.[65] Ettől azonban nem veszíti el azt a minőségét sem, hogy – általános ontológiai vonatkozásban, mint az anyagi világ teljesen reális, saját jellegzetességekkel felruházott folyamata – anyagi, mint minden valóságosan létező. Az ezzel kapcsolatos félreértések, a továbbélő előítéletek miatt különösen fontos újrajárni a Rubinstein, Leontyev és más, a modern materializmus talaján álló pszichológus és filozófus útját, kiemelni azt a kibernetika által is részleteiben feltárt összefüggést, hogy a pszichikus folyamatok maguk is az anyagi szubjektum anyagi környezetével folytatott anyagi kölcsönhatásának egy sajátos formáját, tükröző-vezérlő funkciót játszó oldalát képviselik; hogy a pszichikus jelenségek az anyagi világ jelenségei egyetemes összefüggéseinek rendszerébe ágyazódnak maguk is, mint determinált, és ugyanakkor determináló tényezők. A pszi-

chikus információs jelenségek minden vonatkozásban beletartoznak az anyagi valóságba, az anyagi kölcsönhatások sajátos típusát képezik. Ez az általános ontológiai vonatkozásban kiemelkedő minőségük – mint jeleztem – ismeretelméleti vonatkozásban is fennáll, abban az értelemben, hogy – mint minden információs folyamat – a pszichikus tevékenység is objektíven létezik, az őt tanulmányozó szubjektumtól függetlenül, amiért egyáltalán a szaktudományos kutatás tárgyává lehetett.

Az általános ontológiai megközelítés a tudományos nézőpont lényegéhez tartozik: hiszen azt a követelményt fogalmazza meg a vizsgálat számára, hogy tárgyát a maga valóságában, valóságos összefüggéseiben tanulmányozza. A pszichikus folyamatok „eszmei" jellegének következetes materialista értelmezése, a tükröző-vezérlő jellegének objektív megközelítésével járó követelmények átgondolása elősegítheti a szaktudományok mozgását zavaró előítéletek eloszlását.

JEGYZETEK

[1] Ez az elméleti folyamat a Szovjetunióban indult el Rubinstein, Tugarinov és mások fellépésével. Nálunk e sorok írójának az MFSz-ben 1960–1961-ben megjelent cikkeivel bontakozott ki.

[2] *A. Szpirkin:* Tudat és öntudat. Kossuth Könyvkiadó 1974. 80 95. old.

[3] „Az idegsebész az agykéregben csak a szürkeállományt látja és nem... a gondolatokat." *A. Szpirkin:* Id. mű. 80. old.

[4] *E. Kahane:* Az élet nem létezik. Kossuth Könyvkiadó 1965.

[5] A pszichikumnak az agyhoz, mint hordozottnak a hordozóhoz történő helyes megközelítése szempontjából, *módszertanilag* nagyon jelentős az az eljárás, amelyet Marx dolgozott ki a gazdasági formák elemzése során. Marx feltárta az áru kettősségét, vagyis azt, hogy az áru természetes alakjában használati tárgy és csereérték hordozója. „Szöges ellentétben az árutestek érzéki durva tárgyiságával, az áruk értéktárgyiságába egyetlen atom természeti anyag sem kerül bele." Az áru mint értékdolog „megfoghatatlan marad", „érzékileg érzékfeletti dologgá" válik, vagyis „társadalmi dologgá" változik, „társadalmi összefüggés", „gazdasági viszony hordozójává", egy „tisztán társadalmi", „természetfeletti tulajdonságot" képviselő valamivé. Ez a kettősség végletesen jelentkezik a pénznél, amely „folyton mint forgalmi eszköz funkcionál, és ezért kizárólag mint ennek a funkciónak hordozója létezik... Funkcionális létezése úgyszólván felszívja anyagi létezését" – írja Marx a „Tőké"-ben. Maga Marx hívja fel a figyelmet arra, hogy ebben az esetben az idegfiziológiai és a pszichikai folyamattal analóg hordozó-hordozott viszonnyal van dolgunk. Azt is kimutatja, hogy ez a titokzatos, „érzékfeletti" hordozottság önállósul és önálló

mozgást produkál. (*MEM* 23. köt. 44., 52., 56., 61., 74–75., 84., 125. old.; *MEM* 13. köt. 19., 25., 30. old.)

[6] *A. Szpirkin:* Id. mű. 81. old.

[7] *P. K. Anohin:* Fiziológia és kibernetika (in: A kibernetika filozófiai problémái). Gondolat Könyvkiadó 1963.); *A. D. Urszul:* O prirode informáciji. Politizdat 1968. 100. old.

[8] *M. Jarosevszkij:* A pszichológia története. Kossuth Könyvkiadó 1968. 381. old.

[9] *V. Afanaszjev:* Társadalmi információ és társadalomirányítás. Kossuth Könyvkiadó 1976. 28. old.

[10] *V. Stoff:* Modell és filozófia. Kossuth Könyvkiadó 1973. 169. old. „Az információ nem anyag és nem is energia, hanem eszmei kategória" írja továbbá V. Afanaszjev idézett könyvében. (32. old.)

[11] Idézi *O. Jursa:* Kibernetika. Műszaki Kiadó 1978. 64. old.; „Az információ információ, nem anyag és nem energia. Az olyan materializmus, amely ezzel nem számol, nem aktuális többé."

[12] *B. Sz. Ukraincev:* Az anyag visszatükröző képességének jelentősége a kibernetika lehetőségeinek meghatározásában (in: A kibernetika filozófiai problémái. Gondolat Könyvkiadó 1963. 114. old.)

[13] *M. Jarosevszkij:* Id. mű. 639. old.

[14] *N. I. Grascsenkov:* A dialektikus materializmus és a modern neurofiziológia néhány problémája. (in: Filozófiai problémák a magasabb rendű idegműködés fiziológiájában és a pszichológiában. Akadémiai Kiadó 1965. 77. old.)

[15] *M. Jarosevszkij:* Id. mű. 291. old.

[16] *O. Jursa:* Id. mű. 178. old.

[17] *J. F. Buhalov:* Nyekatorije zamecsanyija o prirode pszihicseszkovo. Filoszofszkije Nauki, 1968. 3. sz.

[18] *V. P. Tuguoariv:* Filoszofija szoznanyija. Moszkva 1971. 160. old.

[19] V. P. Tugarinov idézett művében ezt a végletes álláspontot elkerüli: az anyagi rendszerekben az információt természetesen anyagi jellegűnek tekinti. Az idegrendszer által hordozott pszichikus folyamatokkal kapcsolatosan azonban felemás álláspontra jut. Ezekben szerinte az információnak „anyagi-eszmei" jellege van, ami „az objektív és szubjektív egységévé lesz". (170. old.)

[20] *O. Jursa:* Id. mű. 172. old.

[21] *Salánki János:* Az idegi szabályozás alapmechanizmusai (in: A biológiai szabályozás. Medicina 1978. 299. old.)

[22] *B. Sz. Ukraincev:* Id. mű. 115. old.

[23] *Ádám György:* Észlelés, tudat, emlékezés. Gondolat Könyvkiadó 1976.

[24] Tyuhtin kutatásai alapján *J. A. Ponomarjov:* Pszihologija tvorcseszkovo mislenyija. Moszkva 1960. 82–86. old.

[25] *Csányi Vilmos:* Genetikai szabályozás (in: A biológiai szabályozás. Medicina 1978. 77–82. old.)

[26] *O. Jursa:* Id. mű. 54–56. old.

[27] *A. R. Lurija:* Vigotszkij és a magasabb rendű pszichikus működések tanulmányozása. MFSz 1968. 1. sz. 190. old.

[28] *V. P. Tugarinov:* Id. mű. 165. old.

[29] *B. Sz. Ukraincev:* Id. mű. 115–118. old.

[30] *V. Afanaszjev:* Id. mű. 24–32. old.

[31] *V. Stoff:* Id. mű. 159-175. old.

[32] *Tarján Rezső:* Kibernetika. Gondolat Könyvkiadó 1964. II. fej.

[33] *L. I. Vekker:* Urovnyi organyizaciji pszihicseszkih processzov kak szignalov. Voproszi Filoszofii, 1968. 4. sz.

[34] *P. K. Anohin:* A kibernetika néhány speciális elve. (in: A kibernetika filozófiai problémái. Gondolat Könyvkiadó 1963. 253. old.)

[35] *A. D. Urszul:* Id. mű. 100. old.

[36] *P. K. Anohin:* Id. mű. 277. old.

[37] *O. Jursa* idézi egy nagy nyugatnémet számítógépgyártó vállalat munkatársainak véleményét: „Hogy továbbléphessünk, bizonyos fogalmakat újból definiálni kell, elsősorban az információ fogalmát. Az információ alapjában véve filozófiai fogalom, ha azonban sikerülne természettudományosan definiálnunk, bizonyosan új ismeretekhez jutnánk." (Id. mű. 141. old.)

[38] MEM 20. köt. 504. old.

[39] *A. N. Leontyev:* Filozófiai problémák a magasabb rendű idegműködés fiziológiájában és a pszichológiában. Akadémiai Kiadó 1963. 494-495. old.

[40] Vö. A. L. Ljapunov. Idézi *I. Sklovszkij:* Világegyetem, élet, értelem. Gondolat Könyvkiadó 1976.

[41] *O. Jursa:* Id. mű. 189-191. old.; *Csányi Vilmos:* Id. mű. 75-95. old.

[42] *Salánki János:* Id. mű. 272-300. old.

[43] *Ádám György:* Id. mű. 37-38. old.

[44] *Gerbner Mátyás:* A homloklebeny és a magatartás szabályozásai (in: A pszichológia új útjai. Gondolat Könyvkiadó 1967. 233. old.)

[45] *V. Afanaszjev:* Id. mű. 28-29. old.

[46] *M. Jarosevszkij:* Id. mű. 639. old.

[47] *T. Pavlov:* A lenini tükrözéselmélet időszerű kérdései. MFSz 1969. 4. sz.; *A. Berg–I. Novik:* Razvityije poznanyija i kibernetika. Kommunyiszt, 1965. 2. sz.

[48] *Tarján Rezső:* Id. mű. 269. old. Abban a filozófiai értelemben, hogy nem valamiféle természetfeletti szellemi szférához tartozó folyamat, ahogyan azt a vallás és az objektív idealizmus képzeli, és hogy – ellentétben a szubjektív idealizmussal – a gondolkodás az objektív realitás ténye.

[49] *N. I. Grascsenkov:* Id. mű. 55 68. old.

[50] *G. Tembrock:* Állatlélektan. Gondolat Könyvkiadó 1966.

[51] *Sz. L. Szoboljev-A. L. Ljapunov:* Kibernetika és természettudomány. (in. A modern természettudományok filozófiai problémái. Akadémiai Kiadó 1962. 318. old.)

[52] A kibernetikai megközelítés termékenységét a modern pszichológiai, neurofiziológiai irodalom sokoldalúan bizonyítja. Példának okáért utalunk Anohin, Lurija munkásságára, a hazai kutatók közül Ádám György, Grastyán Endre, Kardos Lajos munkáira.

[53] *J. Ponomarjov:* Pszichikum és intuíció. Kossuth Könyvkiadó 1968. 88. old. Ezt a problematikát fejti ki „Az alkotó gondolkodás pszichológiája" c. könyvében is.

[54] Ugyanott, 29–82. old. Sajnos Ponomarjov alapjaiban helyes következtetését számos megállapítása lerontja. Szerinte az állatok nem képesek kiemelni a lenyomatból a másolatot: elismeri ugyan, hogy a lenyomatokat már az első élőlények is felhasználták a tájékozódás eszközeként, továbbá hogy az állatok egész viselkedésének alapja „az eredeti" és a „másolat" közti kapcsolat; de végeredményben azt állítja, hogy absztrakciós képességével csak az ember képes „kiugrasztani" a képmást. A lenyo-

mat elválasztása az őt hordozó tárgytól – írja – csak gondolatilag, gondolati absztrakció útján lehetséges, és erre csak az ember képes. Az ember kialakulása előtt képmás, mint „eszmei" jellegű tükrözés ténylegesen nem létezett.

[55] *J. F. Buhalov:* Id. mű.

[56] Az agykutató *P. Chauchard* „Psychologie de la conscience" (PUF 1959) c. könyvében írja: „Az elsődleges agyi értelmező tevékenység tudattalan. Mi csak a kapott híradások egészét, szintézisét tudatosítjuk, ezért nem ismerjük részleteiben a hozzánk érkező híradások mindegyikét." (57. old.)

[57] *P. J. Galperin:* Az értelmi cselekvések kialakulására irányuló kutatások fejlődése. MFSz 1966. 1. sz.

[58] *A. R. Lurija:* Id. mű. 16. old.

[59] *A. N. Leontyev–D. J. Panov:* Az ember pszichológiája és a technikai haladás. (in: Filozófiai problémák a magasabb rendű idegműködés fiziológiájában és a pszichológiában. Akadémiai Kiadó 1965. 506–511. old.)

[60] *A. N. Leontyev:* A pszichikum fejlődésének problémái. Kossuth Könyvkiadó 1964. 397. old.

[61] *A. R. Lurija:* Vigotszkij és a magasabb rendű pszichikus működések tanulmányozása. MFSz 1968. 1. sz.

[62] *A. N. Leontyev:* Id. mű. 274. old.

[63] *J. F. Buhalov:* Id. mű. 107. old.

[64] *J. Ponomarjov:* Id. mű. 88–89. old.

[65] *Sz. L. Rubinstein:* A pszichológia fejlődése. Tankönyvkiadó 1967. 11–13. old.

MATEMATIKA

HÉTHELYI LÁSZLÓ

A matematikai létezés fogalmának interpretációs problémái a filozófiában

A LÉTEZÉSRŐL ÁLTALÁBAN

A létezés filozófiai problémája, mint azt a filozófia története is jól mutatja, szorosan kapcsolódik a filozófia alapkérdéséhez. A görögök már Platón előtt összekapcsolták a létezés problémáját a filozófia alapkérdésével. Platón dialógusaiból tudjuk, hogy egyes szofisták tagadták a létezés objektivitását és ezáltal az objektív külvilág létezésének, illetve megismerhetőségének tagadásához jutottak el. Az objektív idealista Platón, aki semmiképpen sem érthetett egyet egy ilyen szubjektív idealista felfogással, számos dialógusában próbálta bemutatni egy tudatunktól függetlenül létező valóság létét és megismerhetőségét. Egyik dialógusában például a szofisták filozófiáját a „van" szó jelentésének elemzésén keresztül bírálta.

A XVII. és a XVIII. században a létezéssel kapcsolatos filozófiai viták új erőre kaptak. A létezés értelmezésével összefüggő vizsgálatokat egyes irányzatok a filozófia alapkérdésének megválaszolására használták fel. A szubjektív idealista Berkeley megsemmisítő csapást kívánt mérni az ateizmusra. A létezés filozófiai fogalmát elemezve arra a következtetésre jutott, hogy létezni annyit tesz, mint érzékelve lenni. Ebből azután az következik, hogy tudattól független anyag nem létezik. Berkeley a létezés filozófiai problémáját egy új – és azóta a polgári filozófiában igen divatossá vált – módon közelítette meg. Megvizsgálta a létezés szó hétköznapi nyelvi jelentését és azt, hogy megfelel-e ennek a filozófusok által használt létezés fogalom. Berkeley arra az eredményre jutott, hogy ez a megfeleltetés nem áll fenn. Éppen ezért szerinte a filozófiában használatos összes többi szó jelentését is össze kellene vetni a hétköznapi szóhasználattal és csak a köznyelvben használt jelentést szabadna megtartani. A filozófiai problémák ilyen jellegű megoldásának kísérlete eléggé jellemző a szubjek-

tív idealizmusra. Ezt tanúsítja többek között egy másik angol filozófus, G. E. Moore[1] munkássága is. Moore a létezés jelentésének elemzése útján próbálta kimutatni, hogy a „külvilág nem létezik" állítás értelmetlen. Berkeley-val ellentétben, a létezés több jelentéséről beszélt, melynek során fizikai és logikai létezést különböztetett meg. Moore és Berkeley példája sok olyan filozófust vonzott, akik a filozófiai problémákat nyelvi elemzés útján próbálták megoldani.

Mindennek egyik pozitív következménye a létezés szó beható tanulmányozása. A mai logikai irodalomban bőségesen foglalkoznak a létezés szó különböző jelentéseivel. A létezés jelentésének lényegesebb típusai az alábbiak:[2]

Fizikai létezés: az a fajta létezés, amely a konkrét tárgyakat illeti meg.

Közvetlen létezés: ez az érzékszerveinkben feltáruló létezést jelent anélkül, hogy az érzékelt dolog feltétlenül fizikai létezéssel is bírna. Ha valaki például egy kutyát észlel, akkor azt mondjuk, hogy a kutya közvetlen létezéssel bír. Természetesen közvetlen létezés és fizikai létezés *nem egymást kizáró fogalmak, hiszen egy fizikailag létező és valaki által* észlelt tárgy mindkét létezéssel bír.

Egy nagyon fontos fajtája a létezésnek a *logikai létezés.* Azt mondjuk, hogy egy objektum logikailag létezik, ha fizikai létezésének feltételezése nem tartalmaz logikai ellentmondást. A logikai irodalomban desszignációt és denotációt különböztetnek meg. Egy jelnek akkor van denotátuma, ha az általa jelölt dolog fizikailag létezik. Egy jelnek akkor van desszignátuma, ha a neki megfelelő egzisztenciális kifejezés nem tartalmaz logikai ellentmondást. Például az a terminus, hogy „hétfejű sárkány", rendelkezik desszignátummal, mert a hétfejű sárkány logikai létezéssel bír.

A létezés következő típusa az úgynevezett *intencionális létezés.* Nézzük a következő kijelentéseket: „New Yorkban szeretne élni", „színész akar lenni", „megpróbál regényt írni" stb. Ezekben a mondatokban a New Yorkban élés, a színésszé válás, a regényírás úgynevezett intencionális tárgyak, melyek valóságos létezéséről semmit sem tudunk. Ezek az intencionális tárgyak azonban egy bizonyos fajta létezéssel bírnak, méghozzá elképzelt létezéssel. Az ilyen fajta létezést intencionális létezésnek nevezzük.

Beszélhetünk még *irodalmi létezés*ről, ami azt jelenti, hogy például az a mondat, hogy „létezik olyan x, hogy $f(x)$", – ahol f valamilyen tulajdonság – előfordul egy könyvben.

Végül meg kell említenünk, hogy minden definiálható tulajdonság létezik, ahol a létezés szó egyszerűen azt jelenti, hogy az adott tulajdonság

definiálható. Például, ha azt mondjuk, hogy „létezik olyan fajta becsületesség, amellyel Péter nem rendelkezik", akkor még hogyha senki sem rendelkezik azzal a fajta becsületességgel, amelyet megtagadunk Pétertől, ez a tulajdonság akkor is létezik, de csak abban az értelemben, ahogy definiáltuk.[3]

Felmerül a kérdés: a különféle létezésjelentések között hol helyezkedik el a *matematikai létezés*. Mielőtt ezt a kérdést megvizsgálnánk, tekintsük át röviden, hogyan vélekedett a matematikai létezésről a filozófia néhány kiemelkedő alakja. E történeti áttekintés megkönnyítése érdekében először az értelmezésekben leggyakrabban előforduló alapfogalmak jelentését nézzük meg.

*Analitikus*nak nevezünk egy kijelentést, ha igazságértékének[4] eldöntéséhez csak a kijelentés megértése szükséges. Egy kijelentés *szintetikus*, ha igazságértékének eldöntéséhez soha nem elegendő a kijelentés megértése. Két másik jól ismert definíció, amelyet a filozófusok, például Kant, sokáig azonosnak véltek a fenti kettővel, a következő: Egy kijelentés analitikus, ha igazságértéke csak logikai formájától függ. Egy kijelentés szintetikus, ha igazságértéke nem csak a logikai formájától függ. Példák analitikus kijelentésre: Minden agglegény nőtlen. Holnap vagy esik az eső, vagy nem esik. Példa szintetikus kijelentésre: Európában vannak 1500 méternél magasabb hegyek.

Az *empirikus* szó azt jelenti, hogy tapasztalaton alapuló, az „*a priori*" pedig azt, hogy tapasztalat előtti. Világítsuk meg ezt a két fogalmat néhány példával. Az, hogy „VIII. Henrik Napóleon előtt élt", vagy hogy „a hó fehér", példák az empirikus ismeretre. Az, hogy „a háromszög geometriai alakzat" vagy hogy „ha esik az eső, akkor esik az eső", ezek a priori ismeretek, ugyanis semmiféle tapasztalat nem szükséges, hogy meggyőződjünk az utóbbi két kijelentés igaz voltáról.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy nincs jól megvonható éles határ az analitikus és szintetikus kijelentés, továbbá az empirikus és az a priori tudás között. Vannak határesetek, amikor nem lehet eldönteni, hogy empirikus vagy a priori tudásról van szó, illetve, hogy egy kijelentés analitikus vagy szintetikus. Tegyük fel, hogy valaki például azt mondja: „a póknak nyolc lába van". Ha a nyolclábúságot a pók definíciójához tartozónak tekintjük, akkor a priori ismeretről van szó, ha nem, akkor empirikusról. Tegyük fel, hogy egy kutató talál egy élőlényt, ami minden szempontból a pókra hasonlít, de csak hat lába van. Azt kellene akkor mondanunk, hogy itt van egy hat lábú pók, vagy pedig azt, hogy itt van egy élőlény, ami nagyon úgy néz ki, mint egy pók, de nem pók, mert csak

hat lába van. Ezt a problémát nem tudjuk megoldani, mert a pók szó hétköznapi használata nem elég precíz ebben az értelemben.

Analitikusnak hívunk egy definíciót, ha a nyelv egy terminusának már elfogadott használati szabályát rögzíti. Például az asztal szó a magyar nyelvben azt jelenti, hogy... *Stipulatív*nak nevezünk egy definíciót, ha valamely nyelvi terminusnak egy még nem ismert használati szabályát rögzíti. Például: nevezzük *T* számoknak azoknak a természetes számoknak a halmazát, amelyek nyolccal oszthatók. Természetesen a megkülönböztetés itt sem lehet túl éles, hiszen ha a stipulatív definíció által bevezetett használat elfogadottá, akkor a definíció analitikussá válik.

A kijelentések analitikus és szintetikus kijelentésekre történő felosztása – mint ezt az alábbi rövid történeti áttekintésből is látni fogjuk –, alapvető fontossággal bír a filozófiában.[5] Bár a XX. század ötvenes éveiben komoly kritika érte a polgári filozófusok részéről is a kijelentések ilyen jellegű felosztását, a szubjektív idealizmus ettől a felosztástól mégsem tudott megszabadulni. Ezzel kapcsolatban két dolgot jegyzünk meg:

1. Kérdéses, hogy a kijelentések osztályozhatók-e.

2. Véleményünk szerint a filozófiai problémák csupán nyelvi keretek között történő elemzéssel nem oldhatók meg, mert ez elszakítja azokat valóságos tartalmuktól és ezen keresztül az objektív valóságtól.

Ez utóbbira a matematika filozófiai problémáinak tárgyalása során még visszatérünk.

TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS

Platón szerint a tudáshoz vezető útnak két fő állomása van: a doxa (vélemény) és az episztémé (tudás). E kettő között a különbség tárgyuk eltéréséből adódik. A vélemény a képmásokra, a tudás (a noészisz = tiszta gondolat, dialektika formájában) az eredetire, az arkhaira (alaptípus, őstípus, első minta) vonatkozik. Platón tovább osztja ezt a kétfajta ismeretet. Az ismeret legalacsonyabb foka az eikasszia (illúzió), melynek tárgyai a másolatok másolatai. A pisztisz (hit) tárgyai a másolatok. A tudás általában az ideákkal van kapcsolatban. Miben különbözik akkor a noészisz a dianoiától (matematikai okoskodástól)? Platón szerint a dianoia tárgyainak megismeréséhez az emberi tudat kénytelen segítségül hívni az ideák másolatait, azaz az anyagi világ tárgyait. Platón itt a

matematikára gondol. Azt mondja, hogy a geometriában például hipotézisekből indulunk ki és ábrák segítségével következtetünk. A geométer Platón szerint ismertnek tekinti például a háromszöget és aztán látható ábrák segítségével különböző következtetésekre jut, de természetesen a geométert nem az érzékelhető, látható háromszögek érdeklik. Az előbbiek alapján azt gondolhatnánk, hogy a matematika tárgyai a formák vagy az arkhai és hogy Platón a geometriai tudást noészisznek tekinti. Ezt támasztja alá a következő, Phaidónból vett idézet is:

„Fontold meg hát, áll-e az amit mondok: ugye bizony, szoktunk úgy beszélni, hogy van valami egyenlő? Nem azt értem, hogy egy fadarab egyenlő egy másikkal, vagy kődarab, vagy más ilyen tárgy, hanem más valami, ami mindezektől különbözik: magát az egyenlőt. Tartjuk ezt valaminek, vagy nem?
Persze, hogy tartjuk, hogyne tartanók!? – felelé Szimmiasz.
És vajon tudjuk-e, micsoda ez az egyenlő?
Tudjuk.
És vajon honnan vettük az ismeretét? Nemde onnan, amiről éppen beszéltünk, hogy láttunk egyenlő fadarabokat, köveket és más tárgyakat? Így szereztünk róla ismereteket, pedig ezektől a tárgyaktól egészen különböző dolog. Vagy te nem tartod tőlük különbözőnek? Vedd hát a következőképp szemügyre a dolgot: nem esik-e meg, hogy ugyanazon egyenlő kő, vagy fadarabok néha egyenlőknek, másszor meg nem-egyenlőknek látszanak?
De igen.
Nos hát maga az egyenlő látszott-e már neked valaha nem egyenlőnek, s az egyenlőség egyenlőtlenségnek?
Soha.
Eszerint hát nem azonosak az egyenlő tárgyak meg maga az egyenlő.
Azt hiszem, korántsem azonosak, Szókratész.
De lám mindamellett, hogy ezek az egyenlő tárgyak nem azonosak magával az egyenlővel, mégis általuk jutottál magának az egyenlőnek ismeretére.
Igazad van – válaszolt Szimmiasz.
Már aztán ugye akár hasonlósága, akár nem-hasonlósága szerint?
Igen.
Mert ugye, ez nem tesz különbséget benne? Mert ha valamit látsz és ennek láttára más is eszedbe jut, szükségképpen visszaemlékezés szerepel, már

aztán akár hasonló, akár nem hasonló a tapasztalathoz az, ami róla eszedbe jutott.
Úgy van.
Lássuk tovább. Tapasztalunk-e valami ilyesmit a fadarabokra, meg a többi imént említett tárgyakra vonatkozólag is? Tudniillik: olyanformán egyenlőek-e vajon ezek is, mint maga az egyenlő, vagy hiányzik valami belőlük, amiért aztán nem egészen olyanok, mint maga az egyenlő? Vagy nem hiányzik semmi?
De bizony hiányzik, mégpedig sok.
Elfogadjuk-e tehát, hogyha valaki egy tárgy láttára így gondolkodik: »ez a tárgy, amit most látok, olyan szeretne lenni, mint ez meg ez a másik létező tárgy, de mégis elmarad tőle, és nem képes olyanná lenni, mint amaz, hanem alábbvaló marad«, elfogadjuk-e, hogy annak, aki így gondolkodik, szükségképpen már előre ismernie kell azt, amihez szerinte a látott tárgy hasonlít, de mégis mögötte marad?"[6]

Platón szerint matematikai ismereteink a tapasztalattól függetlenek. Amikor belátunk egy matematikai igazságot, visszaemlékezünk az ideák világában szerzett ismereteinkre, amelyekhez lelkünk még születésünket megelőzően, az ideák világában bolyongva jutott hozzá. A Menonban Szókratész geometriai kérdéseket tesz fel egy rabszolga fiúnak és a fiú válaszai azt vannak hivatva igazolni, hogy geometriai ismeretekkel rendelkezik, holott ő maga ennek nem volt tudatában. Ugyanakkor Arisztotelész „Metafizikájá"-ból tudjuk, hogy Platón a forma és az anyagi világ tárgyai között létezőket feltételez, amelyek jóllehet az episztémé tárgyai, de alacsonyabb rendű létezők, mint az arkhai, így a dianoia, és nem a noészisz tárgyai. Arisztotelész a „Metafiziká"-ban azt állítja, hogy: „Az érzékelhető dolgokon és a formákon kívül vannak a matematika tárgyai, amelyek közbülső helyet foglalnak el a kettő között, mert különböznek az érzékelhető dolgoktól abban, hogy változatlanok és örökké létezők, de különböznek a formáktól is abban, hogy sok hasonló van belőlük, míg egy formából csak egy van."[7]

„Az állam" hatodik könyvének befejező részéből is kiderül, hogy a geométer noészisszel nem rendelkezik. Az érzékelhető világ és a matematika tárgyai között elég nyilvánvaló a különbség, hiszen a geométer ideális, tökéletes, anyagtalan objektumokkal foglalkozik és nem empirikusan érzékelhető dolgokkal. Sokkal rejtélyesebb és nehezebb probléma, hogy hogyan értelmezzük Arisztotelész „Metafiziká"-ban tett megjegyzéseit, amelyek a matematika és a noészisz tárgyai közötti különbségre

vonatkoznak. Mit gondoljunk például Arisztotelész következő megjegyzéséről? „Platón szerint léteznie kell egy első kettőnek és háromnak, és a számok, mint olyanok, nem adhatók össze egymással."[8] A leginkább elfogadott interpretáció szerint Platón úgy gondolta, hogy a matematikus nem az általánossal, nem is az érzékelhető egyessel, hanem a létezők egy külön osztályát képező, az értelemmel felfogható egyessel foglalkozik. Platón szerint, amikor a geométer egyenessel, körrel, ponttal, háromszöggel, sokszöggel, félsíkkal stb. dolgozik, akkor nyilván nem érzékelhető dolgokra, de nem is az egyenesszerűségre, körszerűségre, pontszerűségre stb. gondol. Mert hogyan metszhetné a körszerűség a körszerűséget? A geométer értelemmel felfogható körökről, félsíkokról stb. beszél, amelyekből sok hasonló létezik. Ami az aritmetikát illeti, különbség van a három és a háromság között, mert például $3+5 = 8$ nem ugyanazt jelenti, mint a háromság + ötség = nyolcság, ami értelmetlen. Úgy látszik, hogy az egész számokat Platón azonosította a formákkal, de ahogy nem mondhatjuk a kettes számról, hogy sok hasonló van belőle (mint ahogy azt sem mondhatjuk, hogy sok körszerűség van), nyilvánvaló, hogy az a matematikus, aki nem emelkedik fel a végső formális elvekhez, a kettők sokaságával és a körök sokaságával foglalkozik. Az a geométer, aki metsző körökről beszél, nem érzékelhető egyessel, hanem az értelemmel felfogható egyessel foglalkozik. De ezekből sok hasonló van és így ezek nem igazi általánosak, hanem az érthető egyeseknek egy osztályát alkotják, amelyek az érzékelhető egyesek fölött, de az igazi általánosak alatt vannak. Jogosnak látszik tehát elfogadni azt a véleményt, hogy Platón szerint a matematika tárgya az értelemmel felfogható egyesek osztálya.

Az újkori polgári filozófiában igen éles ellentét volt a matematika filozófiai problémáit illetően a racionalista és az empirista irányzatok között. A racionalizmus általában Platónt követi. Az empirizmusnak viszont igen nagy gondot okoz annak a magyarázata, hogyan származhatnak a matematikai fogalmak a tapasztalatból, amikor azoknak közvetlen empirikus megfelelőjük nincsen. Úgy tűnik, megoldható a probléma, ha a matematikai kijelentéseket analitikus kijelentéseknek tekintjük. Más szavakkal ugyan, de már ez az álláspont kerül megfogalmazásra Hume műveiben is.

Hume szerint az emberi gondolkodás tárgyai két részre oszthatók, mégpedig az ideák közötti viszonyokra és tényekre. Az első típushoz tartozik a geometria, az algebra és a számelmélet, vagyis minden olyan kijelentés, amely vagy deduktíve bizonyítható, vagy intuitíve bizonyos. Miután a matematika az ideák közötti viszonyokat vizsgálja, a matematikai

kijelentésekben nem a tényekről szerzett ismereteink nyernek bizonyítást. Hume hét filozófiai viszonyt különböztet meg. Ezek közül négy – a hasonlóság, ellentétesség, a minőség fokai és a mennyiségi viszonyok – kizárólag az ideáktól függ. A matematika a mennyiségi viszonyokkal foglalkozik. A másik három viszonyt intuícióval ismerjük meg. A matematikai kijelentések igazságát egyáltalán nem befolyásolja a tapasztalat. Egy matematikai kijelentés igazsága nem függ attól, hogy a dolog, amire vonatkozik, létezik-e vagy sem. Hume szerint a matematikai kijelentések pontosan azért, mert igazságuk nem tételezi fel a tapasztalatot, szükségszerűek. Mai szóhasználattal élve azt mondhatnánk, hogy a matematikai definíciók stipulatívak és a matematikai kijelentések analitikusak. Hume többször is hangsúlyozza, hogy a matematika semmit sem mond a tényekről. A matematika alkalmazható a valóságra, kijelentéseinek igazsága azonban független az alkalmazástól. Természetesen Hume nem állítja, hogy a matematikai fogalmak velünk születtek. Hangsúlyozza, hogy egy kijelentés igazsága független attól, hogy hogyan ismerjük meg a benne előforduló szimbólumok jelentéseit. Hume megkülönbözteti a matematikai szükségszerűséget – amelyet a logikai szükségszerűséggel azonosít – a ténykijelentések szükségszerűségeitől. Ez utóbbit nem ismeri el tőlünk függetlennek és azt mondja, hogy a ténykijelentések szükségszerűsége csak szubjektív érzés, amely úgy keletkezik bennünk, hogy két eseményről gyakran tapasztaljuk, hogy ha az egyik bekövetkezett, akkor bekövetkezik a másik is. Hume szerint tehát objektív szükségszerűség csak a matematikában van és a matematikai szükségszerűség nem a kijelentések egymáshoz való viszonyában keresendő, hanem a kijelentések analitikus voltában. A neopozitivisták, mint azt majd látni fogjuk, egyetértettek Hume-mal. Szerintük, ha azt mondjuk, hogy $8+6 = 14$, akkor semmit sem állítottunk a valóságról és a kijelentés igazsága egyszerűen a kijelentésben előforduló terminusok jelentéseitől függ.

Hume-ot követően Kant is behatóan foglalkozott a matematikai kijelentések természetével és a matematikai objektumok létezésével, és akárcsak Hume-nak, Kantnak is nagy hatása volt a XX. századi matematika filozófiájára. Kant szerint léteznek szintetikus szükségszerű kijelentések, amelyeket ő szintetikus a prioriaknak nevez. Szerinte a matematikai kijelentések is ilyenek. „A tiszta ész kritikájá"-ban megpróbált feleletet adni arra a kérdésre, hogy hogyan alkothatunk szintetikus a priori kijelentéseket. Szerinte ahhoz, hogy erre a kérdésre választ kaphassunk, meg kell fordítani a külvilág tárgyainak és tudatunknak az egymáshoz való viszonyát. A filozófusok eddig azt vallották, hogy ha meg akarjuk ismerni

a külvilágot, akkor a tudatunknak kell alkalmazkodnia a külvilág tárgyaihoz. Kant szerint azonban a külvilág tárgyainak kell alkalmazkodniuk a tudathoz, hogy megismerhetővé válhassanak a tudat számára. A tudat rendező elvekkel rendelkezik (ilyen például a tér, idő, okság), amelyek elrendezik a külvilág tárgyait. A teret és az időt Kant a priori intuícióknak nevezi. Az objektív világ soha nem válhat megismerhetővé számunkra, mi csak a tudatunk által elrendezett fenomenális világot ismerhetjük meg. Szerinte éppen azért vannak szintetikus a priori kijelentések, mert az események ezen rendező elveknek megfelelően történnek. Kant szerint az a kijelentés, miszerint „minden eseménynek van oka", azért szintetikus a priori jellegű, mert az események az okság által elrendezve jelentkeznek számunkra.

Kant szerint a geometria axiómái a tér természetébe engednek bepillantást. Kant úgy gondolja, hogy a matematikus nemcsak fogalmakat elemez, amikor a matematikát műveli, hiszen a matematikai tevékenységhez intuícióra van szükség. A matematikus szintetizálja a matematikai fogalmakat és megkonstruálja azokat. A geométer a priori határozza meg a tér tulajdonságait, de a geometria kijelentései mindig igazak lesznek az empirikus térre. Ez csak úgy lehetséges, ha a tér, aminek tulajdonságait a geometria írja le, az emberi érzékelés tiszta formája, és ha a külvilág tárgyai ezen forma által adottak számunkra. Ezek a tulajdonságok csak az általunk érzékelt világra érvényesek és nem vonatkoznak az önmagukban levő dolgokra. A matematika nem analitikus tudomány, amely a kijelentésekben előforduló nyelvi terminusok jelentéseit elemzi, hanem egy olyan diszciplína, amely a priori információt nyújt a külső intuíció tárgyairól. Ez csak úgy lehetséges, hogy a matematikai fogalmak megkonstruálásához szükséges intuíciók abban az a priori intuícióban nyernek megalapozást, amely szükségszerű feltétel a külső intuíció tárgyainak létezéséhez. Kantnak az a véleménye, hogy a matematikai tudás lehetőségét csak úgy tudjuk megmagyarázni, ha elfogadjuk, hogy a tér és az idő tiszta a priori intuíciók. Vegyük a következő kijelentést: „Konstruálható olyan alakzat, amelyet három szakasz határol." Ehhez a kijelentéshez nem juthatunk el az egyenes szakasz és a hármas szám fogalmainak puszta elemzése útján. Meg kell, hogy konstruáljunk egy tárgyat (háromszöget), vagy ahogy Kant fogalmaz, „intuicionálnunk kell egy tárgyat". Ez nem lehet empirikus intuíció, mert akkor a geometriában nem alkothatnánk szükségszerű kijelentéseket. Ez az intuíció tehát a priori. Ebből következik, hogy Kant szerint a háromszög nem lehet önmagában levő dolog, vagy egy önmagában levő dolognak a tudati képe Az önmagában levő dolgokat

ugyanis sohasem ismerhetjük meg, és nincs jogunk feltételezni, hogy ami igaz lenne a háromszög képére, az igaz magára a háromszögre is, márpedig mi a geometriában a háromszögről nyerünk információt.

A XX. században Kant nézeteit Bouwer újította fel. Szerinte az időbeli számolás tiszta intuíciója szolgál a számfogalom alapjául. Ez a felfogás kihatott az intuicionista iskola bizonyításelméletére is. Az intuicionisták csak az úgynevezett konstruktív bizonyításokat fogadják el. Ez azt jelenti, hogy egy tetszőleges kijelentést csak akkor tekintünk igaznak, ha olyan módszert vagy eljárást tudunk adni, amellyel a szóban forgó matematikai objektum megalkotható. Sok olyan matematikai kijelentés, amelyet a matematikusok minden lelkiismeret-furdalás nélkül igaznak tekintettek, nem állja ki az intuicionizmus próbáit. Az intuicionizmus száműzné például a matematikából mindazokat a tételeket – s ezek nagy számban vannak –, amelyek felhasználják a kiválasztási axiómát vagy valamely vele ekvivalens kijelentést. A szigorú intuicionista bizonyításelmélet alapján – bár ebben az esetben bizonyos kellemetlen halmazelméleti antinómiák *nem lépnek fel* –, a *matematika jelentős és értékes részeit el kellene* vetnünk.

A logicista iskola Hume nyomdokain halad. Szerintük matematikai ismereteink a prioriak, de nem szintetikusak. A matematika a logika része, azaz a matematika tételei egyszerű logikai azonosságokból levezethetők. Ha viszont a matematika visszavezethető a logikára, akkor a matematikai tételek semmiféle létező dologról nem szólhatnak. A logikának ugyanis nincs kézzelfogható tárgya. Így a logicistáknak meg kellett mutatniuk, hogy mindazok a tételek, amelyek létezésről szóló kijelentést tartalmaznak, átírhatók olyan kijelentésekre, amelyek nem tételezik fel a tételben foglaltak létezését. Erre szolgált az úgynevezett leíráselmélet. A leíráselmélet szerint az olyan jellegű kijelentések, mint például az aranyhegy, a francia király stb., önmagukban nem jelentenek semmit. Az elmélet szerint az ilyen típusú kijelentések nem nevek, amelyek jelölnek valamit, hanem „leírások". Ezek a leírások – bár betölthetik bizonyos mondatokban a nyelvtani alany szerepét – olyan formába fogalmazhatók át, amelynek alapján nyilvánvalóvá válik, hogy a leírások nem valódi logikai alanyai a mondatnak.

A leíráselméletet azonban sok kritika érte. Nagy visszhangra talált a már korábban is említett G. E. Moore következő kritikája: „1700-ban jogosult lett volna azt mondani, hogy abban a mondatban, hogy »Franciaország királya bölcs« a »Franciaország királya« leírás egy valóságosan létező személyt jelöl, mégpedig XIV. Lajost. Ebben az esetben tehát nem

mondható, hogy a »Franciaország királya« nem jelent semmit. Más körülmények között viszont ugyanez a leírás lehet jelentés nélküli kifejezés."[9]

A logicizmus és az intuicionizmus terveinek sikertelensége arra késztetett bizonyos filozófusokat, hogy a matematikát semmi másnak ne tekintsék, mint szimbólumokkal való játéknak. Ezek a filozófusok a formalisták. Szerintük a matematika kijelentései nem jelentenek semmit, nem állítják semminek a létezését és sem nem igazak, sem nem hamisak. A matematikát úgy kell elképzelni, mint egy társasjátékot, ahol bizonyos jelekre vonatkozóan teljesen önkényesen szabályokat vezetünk be és e szabályoknak megfelelően játsszuk a játékot. Ennek az értelmezésnek a birtokában olyan klasszikus filozófiai kérdések, hogy mi a természetes szám, léteznek-e a természetes számok stb. fel sem tehetők. Azonban a következő kérdés továbbra is megválaszolatlan marad: mi az oka a matematika nagyfokú alkalmazhatóságának? Mi az oka annak, hogy a jelentés nélküli jelekkel való játék olyan hasznosnak bizonyul a valóság leírásában? A formalisták szerint a matematikai rendszerek hasznossága abból adódik, hogy segítségükkel értelmes empirikus kijelentésekből más értelmes empirikus kijelentésekre juthatunk. A formalista szerint például a $6 \cdot 7 = 42$ a jeleknek csak egy bizonyos egymásutánja, ami önmagáról semmit nem árul el. Ez a formula csupán arra szolgál, hogy az empirikus kijelentések között eligazodjunk. Felmerül azonban egy további kérdés is: honnan tudjuk, hogy a matematika kijelentései soha nem engedik meg az igaz empirikus kijelentésekből hamis empirikus kijelentésekre való következtetést? A formalista filozófus nem engedi meg, hogy matematikai kijelentésekkel kapcsolatban olyan szavakat használjunk, mint az igazság, vagy létezés, vagy jelentés. Így azután azt sem mondhatja, hogy azért nem juthatunk hamis következtetésekre, mert a matematikai kijelentések igazak. A formalista szerint ebben a kérdésben csak a tapasztalat alapján ítélhetünk. Eddig még nem fordult elő, hogy a matematikai kijelentéseket az empirikus kijelentésekre alkalmazva, igaz kijelentésekből hamis kijelentésekre jutottunk volna. A formalizmus elmélete azonban ellentmond a matematikus tevékenységének. A formalista szerint egy matematikai definíció nem más, mint egy új jel bevezetése a matematikai társasjátékba, a matematikai definíciók mind stipulatívak.

Most pedig rátérünk a matematikai létezés problémájának tárgyalására.

Mint látjuk, csak a Hume-logicizmus-formalizmus szubjektív idealista filozófiai irányzat matematikai létezésről alkotott koncepciója illeszthető be a tanulmány elején ismertetett létezés-definíciók közé. Ez nem véletlen, hiszen ez volt az az irányzat a filozófiában, amely a legerőteljesebben próbálta érvényesíteni a Berkeley-nál említett módszer használatát, vagyis azt, hogy a filozófiai kérdéseket az e kérdésekben szereplő filozófiai terminusok nyelvi elemzése útján döntsük el. Ez az a filozófiai irányzat, amely egyfelől eljut a matematikai létezés stipulatív jellegéhez, másfelől a létezésnek csak különböző nyelvi árnyalatait különbözteti meg. Kétségtelen, hogy a matematikában vannak olyan egzisztencia kijelentések, amelyek arra csábítanak, hogy a matematikai létezést kizárólag a matematikai, esetleg a matematikáénál kiterjedtebb nyelvi rendszerben vizsgáljuk. Ha például azt mondjuk, hogy „létezik mindenütt folytonos, sehol sem differenciálható függvény", akkor e függvény létezése nem jelent mást, mint azt, hogy ez a kijelentés kompatibilis az analízis alapfogalmaival, továbbá, hogy ez a kijelentés az analízis nyelvi rendszerén belül nem vezet ellentmondáshoz, bár az ilyen típusú egzisztencia kijelentéseknél is felvetődik két fontos probléma:

1. Úgy tűnik, hogy a matematikában a létezésnek különböző szintjei vannak. Úgy érezzük, hogy amikor azt mondjuk, hogy „végtelen sok primszám van", akkor a primszámok számának végtelen volta sokkal inkább független tőlünk, mint amikor az előbb említett függvény létezéséről beszélünk. Míg a függvény, a deriválás, a folytonosság, továbbá a határérték fogalmainak bevezetése meglehetősen önkényes, és csak arra vigyázunk, hogy ne kerüljünk ellentmondásba, valamint ezek a fogalmak határozott stipulatív jelleggel rendelkeznek, addig a primszámokról szóló tétel sokkal közvetlenebbül kapcsolódik a tapasztalathoz, és tőlünk függetlenül, a természetes számok tulajdonságaiból következik, hogy végtelen sok primszám van. Még nagyobbnak érezzük ezt az önkényességet, amikor azt mondjuk, hogy „az összes halmazok halmaza nem halmaz". Úgy gondoljuk, hogy ebben az esetben viszont nem a létezés szó alapvetően eltérő jelentéseivel állunk szemben, hanem pusztán az absztrakció különböző szintjei tükröződnek a létezés szó jelentésében.

2. Az ilyen típusú egzisztencia kijelentések elemzése is elvezet a létezés filozófiai problémájához. Ezeknek a kijelentéseknek a vizsgálata során is eljutunk olyan kérdésekhez, hogy az axiómák is tartalmaznak olyan

kijelentéseket, amelyek valaminek az egzisztenciáját állítják. Meg kell vizsgálnunk továbbá, hogy az olyan típusú fogalmak, mint a határérték, a primszám stb. definíciói és maguk az axiómák milyen kapcsolatban állnak az anyagi világgal. Úgy gondoljuk, hogy ezek már olyan filozófiai kérdések, amelyek semmilyen nyelven belül nem oldhatók meg. Ezek már a matematikai objektumok létezésének a problémáját érintik.

Úgy tűnhet, hogy az előbbiekben említett egzisztencia kijelentésekben szereplő létezés-fogalom sokkal inkább a matematika nyelvén belüli összefüggéseket fejez ki (nevezzük ezt 1. számú létezésnek). A matematikai objektumok létezésének problémája viszont olyan létezés-fogalmakat tár fel, amelyek a matematika és a valóság viszonyának problémájához tartoznak (nevezzük ezt 2. számú létezésnek). A fentiek alapján azonban azt mondhatjuk, hogy e két létezés-fogalom között csak az itt említett különbség van, és az 1. számú létezés-fogalom filozófiai problémáit vissza lehet vezetni a 2. számúéra. Az előbbiekben már említettük a matematikai absztrakció különböző szintjeit és ez vonatkozik a matematikai objektumokra is, melyek ezeknek az absztrakciós szinteknek megfelelően bizonyos hierarchiába rendeződnek. Ebből a hierarchikus rendeződésből alapvető filozófiai következtetéseket azonban nem vonhatunk le.

Mint láttuk, a létezés számos típusát különböztették meg, sőt formalizálták is a múltban. Úgy gondoljuk, hogy ezek az osztályok is az absztrakció különböző szintjeinek megfelelően jönnek létre, és ezeknek a létezéseknek a lényegi természetéről sem nyelvi elemzésük, sem formalizálásuk nem ad felvilágosítást. Így például a szubjektív idealizmus pontosan azért, mert a nyelvi elemzést kizárólagos módszerként fogadja el, teljesen figyelmen kívül hagyja azt a tényt, hogy a fogalmak az objektív valóság speciális módon létrejött tükröződései. A fogalmak létezését úgy tekinthetjük, mint a tükörkép-létezés legfontosabb alesetét. Az 1. számú matematikai létezés a nyelvi visszatükrözés egy speciális esete, ami természetesen egy alesete a tükörkép-létezésnek. A 2. számú matematikai létezés szintén tükörkép-létezés, de ez kivezet a nyelvi visszatükrözés szférájából és a fogalmi létezés szférájába tartozik. Úgy gondoljuk, hogy a matematikai létezés problémája nem oldható meg egy olyan kérdésfelvetés alapján, hogy a matematika analitikus vagy speciális szintetikus kijelentések halmaza, vagy hogy a matematikai definíciók stipulatívak vagy valamilyen értelemben analitikusak. Az ilyen jellegű kérdésfeltevések csak a matematikai visszatükrözés, a matematikai fogalomalkotás nyelvi megfogalmazásának módjáról adhatnak felvilágosítást, de a matematikai fo-

galmak, a matematikai visszatükrözés speciális természetéről nem nyújthatnak ismereteket.

A filozófiatörténeti áttekintés során láttuk, hogy sok filozófus az axiómákat önkényesen bevezetett szabályoknak tekinti, melyeknek semmi közük a valósághoz, a matematika alapvető definícióit pedig stipulatívaknak tartják. Ez az álláspont azonban nem egyeztethető össze a matematikai tevékenységgel. Egy matematikai diszciplína nem úgy alakul ki, hogy a matematikus leül és önkényesen szabályokat fogalmaz meg. Minden matematikai diszciplína kialakulásának hosszú előtörténete van. A kialakuló fogalmak kezdetben csak homályosan tükrözik azt, amit a matematikus segítségükkel meg akar fogalmazni. Ebben a stádiumban a fogalmak még közvetlenül kapcsolódnak a gyakorlathoz. Amikor az ókori görög matematikusok a legegyszerűbb geometriai testek (például a gömb) térfogatát kívánták meghatározni, annak ellenére jó eredményeket értek el, hogy a probléma megoldásához használt fogalmak nem voltak precízek a mai értelemben. Ezzel szemben a modern analízis keretein belül ezeknek a problémáknak (és természetesen jóval bonyolultabbaknak is) a megoldására azért kerülhet sor, mert a modern analízis precíz alapfogalmakra épül.

A matematika alkalmazhatóságának a problémája már a görögöket is igen élénken foglalkoztatta. Ennek a kérdésnek a megválaszolása Engels szerint abban rejlik, hogy kimutatjuk a matematika valóságos világból való eredetét, továbbá az emberi gyakorlatnak a matematika kialakulásában betöltött szerepét: „A szám és alak fogalmát sehonnan máshonnan nem vettük, mint a valóságos világból." Majd így folytatja: ahhoz, „hogy az alakokat és viszonylatokat a maguk tisztaságában vizsgálhassuk, teljesen el kell őket választanunk tartalmuktól és ezt, mint közömböst, félre kell tennünk. Így kapjuk meg a kiterjedés nélküli pontokat."[10] A matematika kezdetben a gyakorlatból nőtt ki, majd egyre jobban elszakadt tőle. Neumann szavaival élve a matematika „barokká" válik, majd az alkalmazás útján ismét visszatér a gyakorlathoz és leveti „barokk" jellegét. Kezdetben a matematika konkrét feladatok megoldására szolgált és a matematikai ismeretek csak később, a fejlődésnek egy magasabb szintjén váltak önállóvá, hogy aztán ezeket újra a valóságra alkalmazva, újabb ismeretek forrásaivá legyenek.

Természetesen nem szabad azt gondolnunk, hogy a matematikai visszatükrözés a valóság mechanikus visszatükrözése. Ez a visszatükrözés az emberi gyakorlatban történik. Mint láttuk, a filozófiatörténetben voltak olyanok, akik azt gondolták, hogy az anyag az anyagtalan matematiká-

nak van alávetve, és a matematika használhatóságát ezzel magyarázták. A matematika és a valóság viszonyának ilyen jellegű felfogása sok problémát okozott, melyek a matematikai létezés objektivitásának tagadásához vezettek el. A matematikai létezés objektivitása és a matematika használhatósága viszont éppen a matematika gyakorlatban történő visszatükröződésével magyarázható. Ezt a tényt külön ki kell emelnünk, hiszen a matematika és a valóság viszonya nem redukálható egy mechanikus tárgy-tükörkép relációra.

A matematikával kapcsolatban a következő általános filozófiai kérdések merülnek fel: az anyagi valóságnak van-e valami olyan sajátossága, ami a matematika tárgyát képezi; a matematika az objektív valóság bármely területéről nyújthat-e valamilyen speciális ismeretet; az anyagi tárgyak vagy azok egy része rendelkezik-e egy vagy több olyan tulajdonsággal (matematikummal), amit a matematika *és csak* a matematika képes megragadni? Úgy gondoljuk, hogy ezekre a kérdésekre igennel kell válaszolnunk. Az anyagi valóság bármilyen területe a matematika tárgya lehet, az anyagi tárgyakban van „matematikum". (Ez egyben azt is jelenti, hogy az objektív valóságnak nincs egy adott szférája, amivel a matematika foglalkozik.) Tulajdonképpen arról van szó, hogy a dolgok egyre mélyebb megismerésének folyamatában szükségképpen elérünk egy olyan szintre, ahol már célszerű a jellegzetes és sajátos specifikumokkal rendelkező visszatükrözés elhatárolása és saját törvényeinek megfogalmazása. Itt éles különbséget kell tennünk a platonista felfogás és a matematikai visszatükrözés marxista koncepciója között. Platón kétségkívül felismerte, hogy a dolgok rendelkeznek olyan sajátosságokkal, amelyeket ma a matematika tárgykörében tárgyalunk. Nála azonban teljes mértékben hiányzik az a felismerés, hogy ebben az esetben egy történeti folyamatról van szó. Ennek megfelelően azt, hogy mi a matematikai megismerés, tulajdonképpen a tudománytörténet egymást követő korszakaiban újra és újra definiálni kell, jóllehet az anyagi világ mennyiségi és térviszonyai objektívek és adottak.[11]

JEGYZETEK

[1] *G. E. Moore* (1873–1958) angol filozófus, Bertrand Russell barátja. Neopozitivista, a neopozitivizmus egyik fontos irányának, a nyelvi analízisnek egyik megalkotója. Az úgynevezett „józan ész" filozófiai irányzat képviselője.

[2] Az alábbi osztályozás részletesebb kifejtését lásd: *H. Reichenbach:* Elements of Symbolic Logic. (London 1966.) c. művében.

[3] A létezés-típusok marxista igényű felvázolását lásd például *Horváth J.:* „A fizikai realitás, mint probléma" c. e kötetben megjelent tanulmányában.

[4] Az a tény teszi a kijelentést alapegységgé a szimbolikus logikában, hogy csak egy teljes kijelentés lehet igaz vagy hamis, azaz csak a kijelentés rendelkezik igazságértékkel. Erre vonatkozóan egy matematikailag precíz definíció található *J. R. Schoenfield:* „Mathematical Logic (London 1967.) c. művében.

[5] Bár a jelen tanulmányban kizárólag a matematika filozófiai problémáival foglalkozunk, ez a felosztás a filozófia többi területén is alapvetően fontos.

[6] *Platón:* Részlet a Phaidón című dialógusból (Fil. tört. szöveggyűjtemény. I. köt.) Tankönyvkiadó 1962. 62–63. old.

[7] *Arisztotelész:* Metafizika. (1. könyv.)

[8] *A. E. Taylor:* Plato. Oxford 1972. 120. old.

[9] *F. Copleston:* History of Philosophy. (8. köt.)

[10] MEM 20. köt. Budapest 1974.

[11] Ajánlott irodalom: *S. Körner:* The Philosophy of Mathematics. London 1960.; *S. F. Barker:* Philosophy of Mathematics. Prentice-Hall, 1970.; *I. Kant:* Prolegomena. Riga 1783.; *Engels:* Anti-Dühring (MEM 20. köt.) Budapest 1974.; *H. Reichenbach:* Elements of Symbolic Logic. London 1966.; *B. Russell:* History of Western Philosophy. Allen Unvin LTD. London 1961.; *E. D. Klemke:* Essaeys on Frege. London 1968.; *F. Copleston:* History of Philosophy. Róma 1960.; *Szigeti J.:* Marx előtti filozófiatörténet. Tankönyvkiadó 1955.; *I. Kant:* A tiszta ész kritikája. *B. Russell-A. N. Whitehead:* Principia Mathematica. Cambridge 1960.; *R. E. Egner–L. E. Dennon:* The Basic Writing of Bertrand Russell. New York 1959.; *I. M. Copi–J. A. Gould:* Contemporary Readings in Logical Theory. London 1967.; *Engels:* A természet dialektikája. (MEM 20. köt.) Budapest 1974.; *Platón:* Az állam. Gondolat 1970.; *Arisztotelész:* Metafizika. Budapest 1959.; *Rényi Alfréd:* Ars Mathematica. Magvető 1973.; *Dienes Pál:* Valóság és matematika. Gondolat 1963.; *J. Lukasiewicz:* Selected Works. Amsterdam–London 1970.; *M. Black:* The Nature of Mathematics. London 1933.; *R. L. Wilder:* Introduction to the Foundations of Mathematics. New York 1952.; *A. A. Fraenkel–Y. B. Hillel:* Foundations of Set Theory. Amsterdam 1958.; *G. Frege:* Translations from the Philosophical Writings of Frege. Oxford 1952.; *B. Russell:* Introduction to Mathematical Philosophy. London 1938.; *W. V. Quine:* From a Logical Point of Wiev. Cambridge 1953.; *N. Kemp Smith:* David Hume. London 1932.; *N. Kemp Smith:* Imanuel Kant. London 1927.; *W. D. Ross:* Aristotle. Oxford 1922.; *J. R. Shoenfield:* Mathematical Logic. London 1967.; *A. E. Taylor:* Plato. Oxford 1928.; *H. B. Curry:* Outlines of a Formalist Philosophy of Mathematics. Amsterdam 1951.

FARKAS MIKLÓS

Matematika és objektív valóság

Szillogizmus: *a)* A tudományok feladata az objektív valóság megismerése és megértése.
b) A matematika tudomány.
c) Tehát a matematika feladata az objektív valóság megértése, törvényszerűségeinek feltárása.

BEVEZETÉS

A matematikai fogalmaknak az objektív valósághoz való viszonya már az ókori filozófusokat is foglalkoztatta. A XIX. századot megelőző korokban azonban ez a kérdés meglehetősen ritkán merült fel és csupán mellékes részterülete, vetülete volt annak az általános filozófiai vitának és küzdelemnek, amely az anyagi világ és a tudat viszonya, valamint elsődlegessége körül folyt a materialista és az idealista filozófusok között. Ennek okát abban látom, hogy egészen a XIX. századig a matematika alig nevezhető önálló tudománynak. A matematika a geológia (ezen belül a földmérés), a csillagászat, a mechanika, a navigáció és a fizika segédeszközeként, s ezekkel a tudományokkal szorosan összefonódva fejlődött ki. Ennek következtében a megfogalmazódott matematikai tételek és fogalmak a szóban forgó korszakban gyakran nem a ma már közismert absztrakt formájukban, hanem egészen konkrét, a mindennapi élet szükségleteihez, jelenségeihez kapcsolt formában jelentek meg. „Arkhimédész axiómiája", amely valós számrendszerünk egyik alapvető tulajdonságát, vagyis azt fejezi ki, hogy bármilyen kis pozitív számot elég nagy egész számmal szorozva bármilyen nagy számnál nagyobbat kapunk, Arkhimédésznél a következőképpen jelenik meg: „az általunk megnevezett ... számok egyike-másika nemcsak hogy ama homokszemek számát múlja fölül, amelynek (ti. homoknak) terjedelme egyenlő – miként mondottuk – a teletöltött Földével, hanem a Kozmosszal egyező nagyságúét is".[1]

Ennek a korszaknak nemigen volt olyan jelentős tudósa, aki kizárólag matematikával foglalkozott volna. E korszak természettudósai szemé-

lyükben és munkásságukban egyesítették a matematikát a mechanikával, a csillagászattal, a fizikával, sőt a fiziológiával és a művészetekkel is. A tudomány- és művészettörténet nagy alakjait általában aszerint soroljuk be az egyik vagy másik tudomány művelői közé, hogy melyik téren alkottak többet és maradandóbbat. Ezek a besorolások azonban óhatatlanul erőltetettek és szubjektívek. Megtehetjük például azt, hogy Arkhimédészt elsősorban mechanikusnak és fizikusnak, Galileit a mechanika tudósának és csillagásznak, Fermat-t matematikusnak, Eulert és a Bernoulli család közismert és híres tagjainak többségét matematikusnak, Newtont pedig elsősorban a mechanika szakértőjének tekintsük. Pedig, ha Fermat-tól semmi nem maradt volna ránk, csupán a fénytan úgynevezett Fermat-elve, Eulertől és a Bernoulliaktól pedig csupán a hidrodinamika alapegyenletei és Newtontól csak a differenciálszámítás alapjai – nevük akkor is a tudománytörténet nagyjai között szerepelne.

Körülbelül a XIX. század elejét tekinthetjük annak az időszaknak, amikor a műszaki haladás és a tudományok fejlődése következtében az egyes tudományok élesen elváltak egymástól. Ekkor vált önálló tudománnyá a matematika is, amit addig nem tapasztalt mértékű fejlődés és kiterebélyesedés követett. Olyan nevek fémjelzik ezt a korszakot, mint a nagy francia matematikusoké (Laplace, Cauchy, Fourier stb.), mint Gaussé, illetve Bolyai Jánosé. Ez utóbbi nevet nem csupán a nemzeti büszkeség íratja ide, hanem az is, hogy éppen Bolyaival kezdte meg térhódítását a modern matematika axiomatikus módszere. Márpedig ez, továbbá a matematikai egzaktság minőségileg magasabb szintre történő emelkedése játszott alapvető szerepet a matematika önállósulásának folyamatában.

A matematika önállósulása tovább gyorsította a fejlődést és e tudomány sajátos nyelvezetének, módszereinek kikristályosodását eredményezte. Megjelentek a kizárólag matematikával foglalkozó tudományos kutatók és megszületett a *tiszta matematika*. Ennek a fejlődésnek a következtében egyre nehezebbé vált annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy mi a matematika tárgya, mi a matematikai fogalmak és eredmények viszonya az objektív valósághoz. Az elmúlt évtizedekben hazánkban is többen foglalkoztak ezzel a kérdéssel, melynek során a legkülönbözőbb aspektusból közelítettek ehhez a problematikához. Az ezzel a kérdéssel foglalkozó, különböző tudományos folyóiratokban megjelent tanulmányok egy része azt vonja kétségbe, hogy a matematika tárgya maga az objektív valóság és kategorikusan tagadja, hogy a matematika bármilyen mértékben és értelemben természettudománynak tekinthető. Tagadja,

hogy az alkalmazott matematika is matematika, és végső soron a matematika misztifikálásához jut el.

Így például Fenyő István a következőket írja: „A mai matematika feladata ilyen, esetleg többfokozatú absztrakcióval létrejött fogalmak között logikai összefüggéseket vizsgálni és feltárni... Ezzel szemben bármit is állapít meg a matematika például az egész számokról, az sem a juhnyáj, sem pedig mondjuk egy adósság semmilyen tulajdonságát nem tükrözi, holott ezekből absztrahálódott az egész szám fogalma." Majd így folytatja: „e puszta formák vizsgálata a matematika feladata és tárgya... és a matematika eredményeinek a valósággal való összevetése fontos, de a matematikán kívüli feladat."[2]

A matematika körüli ködösítést tovább fokozzák e cikk azon megállapításai, amelyek tagadják a fejlődés dialektikus törvényszerűségeinek érvényesülését, illetve az induktív kutatási módszer jogosultságát a matematikában. „Meg kell azonban említeni a matematikának még egy sajátosságát, nevezetesen azt, hogy ellentétben minden más tudománnyal, itt az új a régi mellett tovább él (sic!), nem küzd a régivel és azt nem is semmisíti meg." „Ez egyúttal felelet a feltett kérdésre, arra tudniillik, hogy a mai matematika álláspontja, mely a tiszta dedukció álláspontján áll (sic!), és fogalmait szándékosan és tudatosan elszakítja materiális hátterétől, nem idealista koncepció."[3]

Más szerzők arra tesznek kísérletet, hogy a matematikát bizonyos szempontok alapján a művészetek közé sorolják be, figyelmen kívül hagyva ezáltal a tudományos, illetve a művészi visszatükrözés közötti lényeges különbségeket.

Az ilyen megalapozatlan nézetek tudományos folyóiratokban történő megjelenése vitára ösztönözheti a szakembereket, és így közvetve elősegítheti a világnézetileg és tudománypolitikailag helyes, előremutató álláspont kialakulását. Sajnos azonban e téveszmék a napi sajtóba is beszivárognak és ezáltal a pályaválasztó, vagy pályakezdő fiatalok dezorientálását idézik elő. Ily módon ezek a fiatal matematikusok jövőjét és a magyar tudomány fejlődését károsan befolyásolhatják.

Éppen ezért úgy vélem, hogy azok a kérdések, amelyekkel ebben a tanulmányban foglalkozni kívánok nemcsak világnézeti és ismeretelméleti, hanem *tudománypolitikai szempontból is fontosak*. E kérdések a következők. *A matematikai fogalmak, elméletek viszonya az objektív valósághoz. A matematika tárgya és helye a tudományok rendszerében. A matematikai visszatükrözés sajátosságai. Alkalmazott és tiszta matematika viszonya.*

Minden tudomány absztrakt fogalmakkal dolgozik. Az emberi tudat képtelen a valóságot teljes összetettségében megragadni és visszatükrözni. Kénytelen elhanyagolni a lényegtelen vonásokat, eltekinteni a mellékes jelenségektől és kiemelni a lényeget, illetve a vizsgálódás szempontjából lényeges tulajdonságokat. Éppen ez a képesség az emberi gondolkodás egyik legerősebb fegyverzete. Elefánt nincs, csak elefántok vannak, hiszen minden elefánt különbözik az összes többi elefánttól genotípusában, és ha mégis léteznének egypetéjű elefántikrek, fenotípusuk alapján akkor is megkülönböztethetőek lennének. Tiszta oxigéngáz nem létezik, mert mindig jelen van a más gázmolekulák által okozott szennyezettség. Az a kijelentés, hogy a Föld a Nap körül kering, nem korrekt, hiszen e két égitest egy közös súlypont körül kering és még más típusú bonyolult mozgásokat is végeznek. Ennek ellenére a zoológus releváns, minden elefántra érvényes dolgokat képes mondani erről az állatfajról, és minden gyerek felismeri az elefántot az állatkertben; a vegyész tudja, hogy mi történik, ha a hidrogént tiszta oxigén jelenlétében meggyújtja, és a szennyezett oxigéngáz jelenlétében lényegében az történik, amit a vegyész várt; ha időszámításunkat és mondjuk az állócsillagok megfigyelését arra a tudományos megállapításra alapozzuk, hogy a Föld 365 és néhány tized nap alatt kerüli meg a Napot, értékes és pontos eredményeket kapunk.

Az előbb azt mondtam, hogy elefánt nincs; a valóságban azonban objektíve léteznek azok a lényeges tulajdonságok, amelyek alapján eldö hetjük egy élőlényről, hogy elefánt-e vagy sem. Ezek a tulajdonságok olyannyira a biológia tudományától és az emberi tudattól függetlenül léteznek, hogy az az egészséges elefántbika, amelyik még sohasem látott biológust, sem próbálkozik egy zebra kancával utódot nemzeni. Tehát az az absztrakció, hogy valamit az elefánttal azonosítunk, bizonyos, a valóságban objektíve létező tulajdonságok összességének, az „elefántnak lenni" összes „sine qua non"-jának tükörképe az emberi tudatban.

Minden tudomány több lépcsős absztrakciókat alkalmaz. Ilyenek például a biológiában: az elefánt, az emlős, a gerinces, az állat, az élőlény; a fizikában első lépcsőként a hővezetés, a folyadékáramlás, illetve az impulzusáram, második lépcsőként pedig a transzportfolyamat fogalma. Ez utóbbi esetében közömbös, hogy hő, hogy tömeg, vagy impulzus áramlásáról van-e szó.

A matematika minden más tudománynál nagyobb mértékben absztrahá

és minden más tudománynál több lépcsős absztrakciókkal dolgozik. A matematikai fogalmak azonban éppúgy a valóság objektív tulajdonságainak, viszonyainak tükörképei a tudatban, mint az összes többi tudomány terminusai.

A természetes számok az emberiség legősibb matematikai absztrakciói. A hatos szám fejezi ki mindazon véges halmazok közös tulajdonságát, amelyeknek hat elemük van. A hatos szám az anyagi valóságban objektíve nem létezik, ez a fogalom az emberi tudat terméke, ha úgy tetszik, puszta forma (ugyanúgy, mint az elefánt fogalma). Ezzel szemben a hatelemű halmazoknak az a tulajdonsága, hogy pontosan hat elemük van, objektív, valóságos tulajdonság, amely megkülönbözteti őket például az öt- vagy hételemű halmazoktól. Amikor tehát a matematikus a természetes számokról valamilyen törvényszerűséget állapít meg, akkor egyben az összes véges számú, sok elemű halmaz objektív tulajdonságáról, vagyis a tudatunktól függetlenül létező valóságról mond valamit. Így például az az állítás, hogy a hat páros szám, kifejezi minden egyes valóságos hatelemű halmaznak azt a tulajdonságát, hogy két egyenlő részre osztható.

Hasonló módon a geometria axiómái és primitív fogalmai eredetileg a valóságos, a fizikai térben fennálló, vagy lehetségesnek gondolt viszonyokból absztrahálódtak. A háromdimenziós euklideszi térgeometriának az az axiómája, amely szerint három nem egy egyenes mentén levő ponton pontosan egy sík fektethető át, azt a valóságosan tapasztalt jelenséget fejezi ki, hogy a háromlábú asztal sohasem billeg, míg a négylábú igen gyakran.

Az a megállapítás, hogy a 2π hosszúságú intervallumon négyzetesen integrálható függvények Hilbert-teret alkotnak, melynek a $\cos k\ x$, $\sin k\ x$ függvényrendszer képezi a bázisát, egyben a kifeszített hegedűhúrnak azt a tulajdonságát fejezi ki, hogy bármilyen reálisan megvalósítható állapota előidézhető az előbbi függvények által leírt állapotok szuperpozíciójaként. Ez azt jelenti, hogy ebben az esetben elegendő e húr „harmonikus rezgéseivel" foglalkoznunk.

A hasonló jellegű példákat vég nélkül lehetne sorolni oly módon, hogy egyetlen matematikai megállapítás számos, egymástól alapvetően különböző valóságos jelenségről valami fontosat mondjon. A nagyfokú matematikai absztrakciónak éppen ez az egyik értelme, hogy ezáltal válik egy-egy matematikai elmélet, illetve modell szerteágazó, széles területen alkalmazhatóvá.

Mindebből pedig levezethető, hogy miben különbözik a matematika a sakktól, a bridzstől, a kép- vagy keresztrejtvény-fejtéstől – általában

a szellemi játékoktól. A szellemi játékokban az emberi gondolkodás által létrehozott szabályok és konvenciók keretei, a „puszta formák" között keresünk összefüggéseket; helyes stratégia alkalmazása, az összefüggések felismerése a játék megnyerésének, illetve a rejtvény megoldásának feltétele. A játék fontos dolog az ember életében, de az optimális lépés megtalálása a sakkjátszmában, a helyes hívás felismerése a bridzsben, továbbá a rejtvény megoldása semmivel sem visz közelebb az objektív valóság megismeréséhez, bár nem is ez a célja.

A matematikai szabályok, axiómarendszerek, elméletek ugyanúgy az emberi gondolkodás alkotásai, mint a játékszabályok. *A matematikában azonban az elméletek a meghatározott, absztrakt szemszögből nézett objektív valóság tükörképei az emberi tudatban. Ezért minden helytálló matematikai eredmény és felismerés nem csupán az absztrakt fogalmak, gondolkodási formák, szimbólumok közötti összefüggés megállapítása, hanem egyben mindazon valóságos jelenség valamilyen valóságos tulajdonságának megállapítása, amely a szóban forgó fogalmakkal, szimbólumokkal kifejezhető.*

A matematika már céljában is különbözik a szellemi játékoktól. A matematika tudomány, vagyis a tudatunktól független, objektív valóság megismerése a célja. Akkor is így van ez, ha egyes matematikusokban ez a cél nem tudatosodik. A matematika beláthatatlan lehetőségeivel, ezerszínű sokféleségével minden szellemi játéknál izgalmasabb és érdekesebb szellemi tevékenység. Ha egy jó matematikus csupán a szellemi izgalomért, a gondolkodás kalandjáért foglalkozik tudományával és ér el eredményeket, akkor is akarva-akaratlanul hozzátesz valamit az anyagi világról szerzett ismereteinkhez.

A tudománytörténet számos olyan esetet ismer, amikor a belső fejlődéstörvények parancsának engedelmeskedve és az általánosítás lehetőségét kihasználva matematikusok absztrakt elméleteket hoztak létre, melyekről csak jóval később derült ki, hogy az anyagi világ természettudományos leírására is alkalmasak. A legközismertebb példák erre talán a Riemann-geometria, illetve a csoportelmélet.

B. Riemann 1854-es magántanári előadásában fejtette ki Gauss felületelméletének általánosításával megalkotott elméletét. Záró megjegyzéseiben azonban a téma haszontalansága miatt mentegetődzik. Több mint ötven évvel később ismerte fel Einstein, hogy éppen a Riemann által konstruált geometria alkalmas az általános relativitáselmélet téridejének kifejezésére.

A csoportelmélet a múlt század első felében, az algebrai egyenletek

megoldhatóságának vizsgálata során fejlődött ki és vált önálló matematikai diszciplínává, azonban csak egy évszázaddal később, a kvantummechanika megszületése után derült ki, hogy a csoportelmélet nélkülözhetetlen eszköz a mikrofizikai jelenségek leírásához.

A topológia és különösen az algebrai topológia a modern matematika egyik legabsztraktabb fejezete, amely legalábbis az elmúlt 100 évben szinte kizárólag a matematika belső fejlődéstörvényeit követve fejlődött. A matematikának ez az absztrakt résztudománya hozta létre a René Thom-féle elemi katasztrófa-elméletet a hetvenes évek elejére. Ez az elmélet a potenciális dinamikai rendszerekkel modellezhető és elég kevés külső vagy kontroll-paramétertől függő jelenség, folyamat ugrásszerű változásainak direkt matematikai modellje.

Látjuk tehát, hogy az az állítás, mely szerint a matematika csupán „puszta formákkal" foglalkozik és eredményei semmit sem mondanak a valóságos dolgokról, felületes megállapítás. A matematikai absztrakciók és a valóság kapcsolatát természetesen nehezebb felismerni, mint a biológiai, kémiai, fizikai, közgazdasági stb. absztrakciók esetében. Ez utóbbiak ugyanis mind a valóság egy jól körülhatárolt területére vonatkoznak, míg az előbbiek minden olyan valóságos jelenségre, melynek bizonyos specifikus tulajdonsága a szóban forgó matematikai absztrakcióval leírható. *Abból viszont, hogy ez a kapcsolat rejtettebb és bonyolultabb, nem az következik, hogy nem is létezik.*

A több lépcsős matematikai absztrakciók és a valóság viszonyának megértése céljából röviden foglalkoznunk kell magának az objektív valóságnak a fogalmával is. Az emberi tudat különböző módon tükrözi a valóságot és a gondolkodáson alapuló emberi cselekvés visszahat a valóságra. Az objektív valóság és annak tudati tükörképe egymástól lényegesen különböző kategóriák, de közöttük dialektikus kapcsolat van. Ennek a dialektikus kapcsolatnak most csak egyetlen vonásával, mégpedig a következővel foglalkozom: különböző nézőpontokból és vonatkozásaiban vizsgálva a tudati tükörkép is objektív realitás.

Tolsztoj híres történelmi regénye, a „Háború és béke" az adott kor orosz viszonyainak hűséges ábrázolásával utolérhetetlen módon ötvözi általános érvényű, minden kor minden emberéhez szóló mondanivalóját. Ez a mű tehát minden más pozitív vonása mellett – amelyek ezt a regényirodalom egyik, vagy talán a legnagyobb alkotásává teszik –, a korabeli orosz társadalom és a kor emberének magas színvonalú, művészi visszatükrözését valósítja meg. Minden történésznek, aki a napóleoni háborúk korszakával foglalkozik, ismernie kell ezt a regényt. Ugyanakkor figye-

lembe kell vennie azt a tényt is, hogy ez a mű Lev Tolsztojnak, a XIX. század második felében tevékenykedő egyik írónak az alkotása, amely az ábrázolt korszakot az író gondolkodásmódjának, személyes tapasztalatainak, érzelmeinek és filozófiájának megfelelően tükrözi. Ugyanakkor az irodalomtörténész, vagy a filológus a regényt objektív valóságnak tekintheti annak ellenére, hogy természetesen ők is tisztában vannak azzal, hogy a mű Tolsztoj tudati tükörképe. Ha az irodalomtörténészt elsősorban Tolsztoj élete, gondolkodása, művészi módszere, nyelvezete, mondatszerkesztése stb. érdekli, akkor a regényt, mint a tőle függetlenül létező, objektív valóságot tanulmányozza.

Ezzel a példával azt a véleményemet kívántam alátámasztani és megvilágítani, mely szerint a *valóság művészi vagy tudományos visszatükrözése, ha már megvalósult és rögzült (művészeti vagy tudományos alkotás formájában), bizonyos összefüggésekben és vonatkozásokban maga is objektív valóság, vagyis mint a valóság objektív tükörképe, társadalmi, tudományos vagy művészi objektivációként létezik.*

Ez a megállapítás hozzásegít ahhoz, hogy jobban megértsük a több lépcsős matematikai absztrakciók létrejöttének dinamikáját és az absztrakt matematikai fogalmak áttételes viszonyát az objektív valósághoz.

A matematikus kutatómunkája során az általa tanulmányozott elmélet axiómáit, fogalmait, feltárt összefüggéseit, tételeit objektíve létezőknek tekinti. A matematikai objektumok tehát egyrészt a valóság bizonyos vonásainak tudományos tükörképei, másrészt létrejöttük után az őket tanulmányozó számára objektíve adottak, az emberi tudat által létrehozott társadalmi és tudományos objektivációk.

Bizonyos értelemben ez a helyzet áll elő a már megalkotott elméletek még meg nem fogalmazott tételeivel kapcsolatban is. Ugyanis ha valaki összegyűjti az euklideszi geometria axiómáit, akkor az axiómák által generált elméletben objektíve ott rejtőzik Püthagorasz tétele is, akár felfedezte azt már Püthagorasz (vagy valaki más őelőtte), akár nem. Ha a valós számtestet definiáló axiómarendszer adott, akkor a valós számhalmazt önmagába leképező függvények elméletében objektíve jelen van az a tulajdonság, amelyet Bolzano tétele fogalmaz meg, mely szerint adott intervallumok között folytonos függvény két szélső érték között minden értéket felvesz. *A tételek ott rejtőzködnek az elméletek mélyén és várják, hogy felfedezzék őket.*

A több lépcsős matematikai absztrakció kissé leegyszerűsített sémája a következő. A környező világ jelenségeinek tudományos vizsgálata

eredményeképpen létrejön egy *fizikai, biológiai, közgazdasági stb.* megállapítás, tétel, elmélet. Ilyen például a heliocentrikus világnézet, az energiamegmaradás törvénye, a természetes kiválogatódás elve, az érték-többlet-elmélet, az a megállapítás, hogy „az emberi társadalom története osztályharcok története" stb. Ezeket társadalmi, illetve tudományos produktumként objektíve létezőknek tekintjük és ennek megfelelően tanulmányozzuk őket. Bizonyos fokú absztrahálást követően mindezekre a lényeges vonásaikat egzakt formában tükröző *matematikai* konstrukciókat alkotunk és alkalmazunk. Ezeket a matematikai formulákat, egyenleteket, konstrukciókat a továbbiakban mint objektív realitásokat tanulmányozzuk, kiemeljük ilyen vagy olyan szempontból lényeges tulajdonságaikat, illetve több különböző elmélet közös tulajdonságait és ezekből az elvonatkoztatás lépcsőjén feljebb lépve újabb, absztraktabb matematikai elméletet hozunk létre, és így tovább...

A valóságos testek tulajdonságait, vagyis a bennünket körülvevő „fizikai teret" vizsgálva ennek első matematikai kifejezéseként jött létre az *euklideszi tér* fogalma. Az euklideszi geometriát tanulmányozva kiderült, hogy ha a metrikus tulajdonságoktól eltekintünk, de a párhuzamosságot és a párhuzamos szakaszok arányát változtathatatlannak (invariánsnak) tekintjük, akkor épkézláb matematikai elméletet nyerünk, amely kiemeli az euklideszi tér metrikától független tulajdonságait. Ez az úgynevezett *affin geometria.* Ha a párhuzamosságtól is elvonatkoztatunk, de megőrizzük a „lineáris alakzatnak lenni", vagyis az illeszkedés és a kettős viszony tulajdonságait, akkor még absztraktabb matematikai modellhez, a *projektív geometriá*hoz jutunk el. Ha az euklideszi, nem-euklideszi és a különböző differenciál-geometriai terek közös tulajdonságait vizsgáljuk (miközben a terek mint konkrét, a valóságban létező objektumok jelennek meg tudatunkban), eljutunk oda, hogy ezekben a terekben nyílt és zárt halmazok, illetve a pontoknak környezetei vannak. Így jön létre ezeknek a tereknek a közös tulajdonságait tükröző újabb absztrakció, a *topologikus tér* fogalma.

Bizonyos elektromos jelfogókból felépített áramkörök matematikai modelljeként az úgynevezett „*kapcsolásalgebra*" jelenik meg. Az emberi gondolkodás bizonyos elemi jellegzetességeit matematikailag az *ítéletkalkulus* tükrözi. A matematika alapjainak tanulmányozása során születik meg a *halmazelmélet* és ennek elemi részeként a halmazalgebra. A „kapcsolásalgebra", az ítéletkalkulus és a halmazalgebra önálló matematikai elméletek. Létrejöttük után azonban a társadalmi tudat részeivé

válnak és mint társadalmi, illetve tudományos objektivációk tanulmányozhatók. Az absztrakció következő lépcsőfokán e három modell közös tulajdonságait a *Boole-algebra* tükrözi.

A MATEMATIKA TÁRGYA ÉS HELYE A TUDOMÁNYOK RENDSZERÉBEN

A tudomány feladata és célja a valóság jelenségeinek, folyamatainak megismerése és megmagyarázása, az objektív törvények feltárása és közvetlenül vagy közvetve az emberiség szolgálatába állítása. Minden tudomány tárgyát az objektív valóság vizsgálata képezi. Az előző fejezetben láttuk, hogy ez alól a matematika sem kivétel.

A valóság azonban bonyolult, a legegyszerűbbnek tűnő jelenségek is összetettek. Az emberi tudat viszont nem képes a valóság jelenségeit a maguk teljes összetettségében egyszerre visszatükrözni. Ezen a nehézségen a tudomány úgy segít, hogy egyrészt elvonatkoztat, másrészt a valóságot különböző szeletekre darabolja fel, melyeket külön-külön tanulmányoz. Így differenciálódott az ókorban még egységes természettudomány matematikára, csillagászatra, mechanikára, fizikára, kémiára, biológiára és a műszaki tudományok elődjeire. Hasonló differenciálódás történt a társadalomtudományokban is. Ez az elkülönülési folyamat napjainkban is tart. Valaki akkor is jó geométer lehet, ha nem ismeri a funkcionálanalízist, a jó asztrofizikusnak nem kell feltétlenül értenie a kozmikus navigációhoz.

Ma *a különböző természet- és társadalomtudományokat általában tárgyuk szerint különböztetjük meg egymástól*, vagyis aszerint, hogy a valóság melyik szeletét, milyen vonatkozását, a mozgásforma mely típusát tanulmányozzák. Viszonylag egyszerű megmondani, hogy mi a tárgya például a csillagászatnak, a geológiának, a biológiának, a történettudománynak, a jogtudománynak, a szociológiának stb. Azokat a tudományokat, amelyek a természet jelenségeivel, a természetben lejátszódó folyamatokkal foglalkoznak *természettudományoknak*, azokat, amelyek az ember által létrehozott anyagi valóságot vizsgálják és a termelés során szerzett tapasztalatokat általánosítják, *műszaki tudományoknak*, az emberi társadalom jelenségeivel foglalkozókat *társadalomtudományoknak* nevezzük. A tudományok rendszerében a *filozófiának*, mint a „világegész"

„legáltalánosabb törvényszerűségeit" tanulmányozó tudománynak, különös szerepe van.

Ha az anyag különböző mozgásformáit és a velük foglalkozó tudományokat el akarjuk határolni egymástól, az objektív valóságot, a világot egy térképpel ábrázolhatjuk, amelyen a különböző mozgásformáknak (és az ezeknek megfelelő tudományoknak) különböző „országok" felelnek meg. Ezen a térképen a határok helyenként elmosódottak, mivel határtudományok szép számmal vannak, melyek jelentősége egyre fokozódik. Ennek ellenére az egyes „országok" elhatárolhatók egymástól. Így például a biológiát meg tudjuk különböztetni a kémiától, bár biokémia is létezik. Egy ilyen térképen a matematikát nem tudjuk külön „országként" ábrázolni. A matematikát ábrázoló halmaz átmetszi az összes, vagy legalábbis a legtöbb „országot". A matematikának van közös részterülete a mechanikával, a fizikával, a kémiával, a biológiával, a közgazdaságtannal, a szociológiával, a műszaki tudományokkal, a hadtudományokkal, a logikával, a történettudománnyal és még lehetne sorolni. A matematika ugyanis mindezen tudományok tárgyának azon vonatkozásaival is foglalkozik, amelyek kvantifikálhatók, sőt mindazon kvalitatív tulajdonságok és jelenségek vizsgálatára is alkalmas, amelyek valamilyen módon formalizálhatók. Az előbbiek alátámasztására lássunk néhány XX. századi példát a sok közül.

A *Ljapunov-féle direkt módszer*, amely most másodvirágzását éli, mechanikai, fizikai és műszaki rendszerek vizsgálata során alakult ki. További fejlődését a szabályozási rendszerek utóbbi évtizedekben megnövekedett jelentősége motiválja, és eredményei közvetlenül alkalmasak műszaki-stabilitási feladatok megoldására. A *matematikai* (lineáris, dinamikus, sztochasztikus) *programozás* problémaköre elsősorban hadtudományi és közgazdasági feladatokból nőtte ki magát és eredményei egyben közgazdaságtudományi eredmények. Az *információelmélet* átviteltechnikai és kódolási feladatok megoldására született. A valószínűségszámítás elméletének úgynevezett *bolyongási problémái* elsősorban a Brown-féle mozgás matematikai leírása során jelentkeztek. A *differenciális játékok elmélete* a rakétaelhárító rakétarendszerek kidolgozásával kapcsolatban született meg. A *populáció-dinamika* számos modellje, kezdve a Lotka–Volterra–Kolmogorov-féle modellen, a matematika újabb ágának tekinthető, amelynek eredményei közvetlen biológiai mondanivalót hordoznak. Ez áll többek között a „versengő kizárás elvére" (competitive exclusion principle, amely szerint két közös erő- és táplálékforráson élő faj közül a gyengébb életképességű kipusztul), melyre új matematikai elmélet

épült. A *matematikai logika* eredetileg az emberi gondolkodás folyamatának formalizált, absztrakt matematikai modellje, de szerepe jelentős a számítástechnikában is.

A példákat tovább lehetne sorolni. Ha tehát a tudományokat tárgyuk szerint határozzuk meg, akkor ez a matematika esetében nehezebb, mint bármely más tudományéban. *A matematika ugyanis a természet, a társadalom és a megismerés mindazon jelenségével, tulajdonságával és vonatkozásával foglalkozik, amely formalizálható. Ezért a matematika a természet- és a társadalomtudományokat egyaránt átfogja és egyértelműen egyik kategóriába sem sorolható be.*

Ennek a ténynek a felismerését többek között az nehezíti, hogy – amint ezt már az előző fejezetben láttuk –, a matematika a már kialakult fejezeteit a társadalmi tudat objektivációs formái közé sorolja be és azokat vizsgálata tárgyává teszi. A XX. században a matematika belső fejlődése által motivált kutatások egyre nagyobb méreteket öltöttek. Ezek a matematika különböző részterületeinek továbbfejlesztését és az absztrakció még magasabb fokát tűzik ki célul. Hazánkban a matematikusoknak viszonylag nagy hányada foglalkozik ilyen jellegű kutatásokkal. Ezért van nálunk jó talaja azoknak a nézeteknek, amelyek szerint a matematika tudományának tárgya kizárólag maga a matematika, holott nyilvánvalónak tűnik, hogy ezek nemcsak hamisak, hanem károsak is a matematikára nézve. Ez az álláspont ugyanis a matematikát a szellemi játékok színvonalára fokozza le és végső soron feleslegesnek minősíti. Ha ugyanis a matematika csupán önmagáról mond valamit, akkor a tudományok közül történő kirekesztése semmivel sem csökkenti az emberiségnek a valóság megismerésében eddig elért eredményeit és perspektíváit.

Jogos a kérdés, hogy ha a valóság bármely területe a matematika vizsgálódásának tárgyát képezheti, akkor hogyan lehet megmondani, hogy mi matematika és mi nem az. Ez a kérdés gyakorlati szempontból is fontos, például ha adott esetben el akarjuk dönteni egy kutatási eredményről, hogy az matematikai jellegű vagy nem.

Ezzel a kérdéssel kapcsolatban foglalkoznunk kell a *matematika módszerével.* Egy kutatási eredményt ugyanis a követett módszer és nem az avat matematikai eredménnyé, hogy a kutatás tárgya természeti vagy társadalmi jellegű, vagy esetleg a megismerés folyamatával kapcsolatos. A módszer lényege pedig a következő. A vizsgált objektum, jelenség, folyamat jellemző és az adott esetben szóba jöhető kvantitatív vagy kvalitatív tulajdonságait *szimbólumokkal* ábrázoljuk. A szimbólumok

egy részét esetleg *primitív fogalomként* vesszük fel és az utóbbiak között meglevő alapvető összefüggéseket *axiómák* formájában mondjuk ki. Az axiómáknak egyértelműeknek és egymással ellentmondásban nem állóknak kell lenniük. Nem szerepelhet bennük más, mint primitív, vagy már *definiált fogalom*. Ily módon a többi szimbólumot a primitív fogalmak, az axiómák és a már definiált fogalmak segítségével pontosan definiáljuk. A továbbiakban e szimbólumokat eredetükről mintegy megfeledkezve úgy kell kezelnünk, hogy csupán az axiómákban és definíciókban kimondott tulajdonságaikat és összefüggéseiket használjuk fel. Ezek után minden további összefüggést egzakt logikai úton, deduktív módon *bizonyítanunk* kell. Az ily módon elért eredményt matematikainak, vagy legalábbis részben matematikainak tekinthetjük. Természetesen előállhat az a helyzet, hogy az út egy részét már mások bejárták a kutató előtt, melynek eredményeként az objektum tulajdonságait jelképező szimbólumok és a közöttük levő alapvető összefüggések beleillenek egy már korábban megalkotott matematikai diszciplína kereteibe. Ebben az esetben „csupán" újabb összefüggések feltárása, újabb tételek bizonyítása a feladat.

Az előzőekben már megállapítottuk, hogy ha az elméleti keretek, vagyis az axiómarendszer már adott, akkor minden további összefüggést, tételt deduktív úton bizonyítani kell. Ezt a követelményt sokan félreértik és azt mondják, hogy a mai matematika tisztán deduktív tudomány.

Tisztán deduktív tudomány nincs, és a matematika sem az. Ezt mindenki tapasztalta, aki valaha is matematikai kutatást folytatott, csak talán nem tudatosodott benne kellőképpen ahhoz hasonlóan, ahogyan Dandin György sem tudta, míg erről föl nem világosították, hogy világéletében *prózában* beszélt. Az induktív okoskodási módszer a matematikai kutatás folyamatában elsősorban a következő két fázisban és formában jut érvényre.

Az induktív módszer elsőként az elvonatkoztatás, vagyis az absztrakció folyamatában, továbbá egy új matematikai elmélet megalkotása és az axiómarendszer összeállítása során kerül alkalmazásra. Ilyenkor a matematikus a vizsgált objektumról szerzett tapasztalat, kísérletezés és intuíció révén választja el egymástól azokat a tulajdonságokat, amelyeket figyelembe kell venni, s amelyektől el kell vonatkoztatni. Bolyai és Lobacsevszkij az elődök és saját sikertelen *kísérleteik* után, melyek során arra törekedtek, hogy a párhuzamosok axiómáját a többi euklideszi axióma alapján bizonyítsák, jutottak arra a következtetésre, hogy ez az axióma független a többitől. Induktív módszer alkalmazása vezetett tehát oda,

hogy a párhuzamosok euklideszi axiómájának ellentettjét vegyék fel az axiómarendszerbe és megnézzék, hogy ebben az esetben valóban ellentmondásmentes rendszert kapnak-e. Ljapunov a mechanikai rendszerekkel kapcsolatos sok évszázados *tapasztalatot* – mely szerint ott valósul meg a rendszer stabil egyensúlya, ahol az energia minimumértéket vesz fel – használta fel és általánosította akkor, amikor az úgynevezett definit Ljapunov-függvények bevezetésével kritériumokat szabott a stabilitásra vonatkozóan olyan esetekben is, amikor energiáról, sőt mechanikáról szó sem lehetett.

Az induktív módszert új tételek kimondásában és bizonyításában is felhasználják. Hacsak nem egészen triviális állításról van szó, a matematikus gyakran példák, speciális esetek segítségével próbálja felmérni, hogy milyen jellegű állítás lehet igaz és csak ezután kísérli meg hipotézise igazolását, mégpedig úgy, hogy lehetőség szerint a legkevesebb feltételt használja fel. Ennek a tipikus matematikai kutatási módszernek tömör kifejezése ez a jelszó: „sejts és bizonyíts!" *Itt a sejtés a munka induktív fázisának, a bizonyítás pedig a deduktív fázisnak felel meg.* (Természetesen az is előfordul, hogy más utat kell választani, hogy éppen a probléma általánosítása hozza meg a kívánt eredményt.)

Pólya György erről a kérdésről a következőket írja: „Mathematics is regarded as a demonstrative science. Yet this is only one of its aspects. Finished mathematics in a finished form appears as purely demonstrative, consisting of proofs only. Yet mathematics in the making resembles any other human knowledge in the making. You have to guess a mathematical theorem before you prove it; you have to guess the idea of the proof before you carry through the details. You have to combine observations and follow analogies; you have to try and try again. The result of the mathematician's creative work is demonstrative reasoning, a proof; but the proof is discovered by plausible reasoning, by guessing. ... Observe also (what modern writers almost forgot, but some older writers, such as Euler and Laplace, clearly perceived) that the role of inductive evidence in mathematical investigation is similar to its role in physical research."[4]

E tanulmány témájával kapcsolatban a tiszta és az alkalmazott matematika kérdésével két okból is kell foglalkoznunk. Egyrészt azért, mert a matematika kapcsolatát a matematikán kívüli objektív valósággal elsősorban az alkalmazott matematika teremti meg, másrészt azért, mert ebben a kérdésben számos téves nézet lát napvilágot. Egyesek tagadják, hogy a matematikát egyáltalán fel lehet osztani tiszta és alkalmazott résztudományra. Ezzel szemben mások elismerik az alkalmazott matematika létét, de azt nem tekintik matematikának.

A különböző nézetek közti eligazodást az nehezíti, hogy a hagyományoknak megfelelően országonként más-más értelmet tulajdonítanak az alkalmazott matematikának, mint tantárgynak a felsőoktatási intézményekben. A brit egyetemeken az „applied mathematics" magában foglalja a matematikai statisztikát, a mechanikát és mindazt, amit nálunk az elméleti fizikához szokás sorolni. A szovjet egyetemeken a „priklagnaja matematika" kifejezés elsősorban a numerikus analízist és a számítástechnikát jelenti.

Ha eltekintünk a nemzeti tradícióktól és a problémát kizárólag a kutatás, illetve a kutatási eredmények szemszögéből közelítjük meg, úgy tűnik, hogy megvalósítható a matematikai kutatások és eredmények alkalmazott és tiszta matematikai területekre történő felosztása. Azonban már elöljáróban le kell szögezni, hogy minden ilyen felosztás relatív és bizonyos mértékig szubjektív. Relatív azért, mert egy eredmény, amelyet ma a tiszta matematikához sorolunk egy későbbi időpontban alkalmazott matematikainak bizonyulhat és fordítva. Szubjektív azért, mert a kutatómunka vagy egy tudományos eredmény ide- vagy oda sorolásában szerepet játszik a kutatók szándéka is.

Az előző fejezetben kifejtettük, hogy egy tudományos eredményt akkor tekintünk matematikainak, ha *módszerében* – tárgyától függetlenül – matematikai. A matematikai eredményeket aszerint soroljuk a „tiszta", illetve az alkalmazott kategóriába, hogy milyen *tárgyra*, milyen célra irányult a kutatás.

Alkalmazott matematikai kutatásnak, illetve eredménynek nevezünk egy tudományos munkát, ha a kutatás tárgya az objektív valóság matematikán kívül eső területe, de módszere matematikai. Tiszta matematikai kutatásnak, illetve eredménynek nevezünk egy tudományos munkát, ha a kutatás tárgya a matematikán belüli valóság és módszere matematikai.

Ha tehát a kutatás módszere matematikai, de célja akár egy fizikai, egy biológiai, egy műszaki rendszer, egy közgazdasági probléma matematikai modelljének kidolgozása, vagy egy ilyen modellnek az analízise, továbbfejlesztése, vagy az így nyert eredmények összevetése a gyakorlattal, akkor alkalmazott matematikai kutatásról beszélünk. Ha viszont a kutatás célja egy, a matematika valamely már kidolgozott fejezetében felmerült probléma megoldása, vagy éppen egy matematikai elmélet általánosítása, vagy egy matematikai eredmény alkalmazása a matematika egy más részterületén anélkül, hogy ezt a célt a matematika tárgyán kívül eső objektív valóság megismerése konkrét formában és közvetlen módon motiválná, akkor tiszta matematikai kutatásról beszélünk.

Félreértések elkerülése végett meg kell különböztetnünk az alkalmazott matematikusi tevékenységet az alkalmazott matematikai tudományos eredménytől. Előfordulhat, hogy az alkalmazott matematikus tevékenysége egy másik tudomány szempontjából tudományosnak minősíthető eredményre vezet, ami viszont nem tekinthető alkalmazott matematikai eredménynek. Ez akkor következik be, ha a vizsgált objektumot olyan kész, kidolgozott matematikai apparátussal lehet modellezni, amely nem szorul továbbfejlesztésre. Más szóval akkor, ha a feladat megoldásához nem kell matematikai módszert alkalmaznunk, mivel ezt már mások elvégezték előttünk. Ebben az esetben az alkalmas eljárás és modell kiválasztása (például az irodalomban) jelentős lehet tudományos szempontból, de nem tekinthető az alkalmazott matematika eredményének.

Amint erre korábban már utaltunk, a matematika történetében gyakran megtörtént, hogy egy tiszta matematikai eredmény később kész, alkalmazásra kerülő matematikai modellként funkcionált. Még gyakrabban fordul elő, sőt ma már tipikus jelenség, hogy *alkalmazott matematikai eredményként született elmélet tiszta matematikai kutatások kiindulópontjává és motiváló tényezőjévé válik*. A számos ilyen jellegű példa közül egyik legjelentősebb maga a differenciál- és integrálszámítás esete. Ez Newtonnál kifejezetten a mechanika igényeinek megfelelően fogalmazódott meg. Egy másik tipikus példa, ahogyan Fourier a róla elnevezett sorokat „Théorie analitique de la chaleur" c. művében levezette. Később a Fourier-sor az ortogonális sorok és a Hilbert-terek elméletének kiindulópontjává vált. Tévedés lenne azt hinni, hogy ilyen jellegű példákat a XX. századból ne hozhatnánk, vagy akár gyakoriságuk és jelentőségük csökkenne. Ezzel kapcsolatban talán elegendő a valószínűségelméleti módszerek számelméleti alkalmazásaira vagy a topologikus dinamika kialakulására utalni.

A tiszta, illetve az alkalmazott matematika meghatározásáról az előbbiekben röviden vázolt elképzelésemet bizonyára javítani, pontosítani lehet. A tiszta és az alkalmazott matematika értelmezését, egymáshoz való viszonyát, szerepét azonban végre tisztáznunk kell, mivel a matematika e két összetevőjének harmonikus és kiegyensúlyozott fejlődése nélkülözhetetlen a tudomány egészének egészséges előrehaladásához.

Ha egy ország tudományos életében, vagy akár egy nagyobb tudományos kutatóintézetben csak az alkalmazott matematikának van jelentősége, és a tiszta matematikai kutatások csenevészek, jelentéktelenek, nem eléggé széles körűek, akkor egy önmagát erősítő, negatív tendencia válik uralkodóvá. Ebben az esetben egyre jobban beszűkült, prakticista, az elmélet jelentőségét tagadó szemléletmód terjed el és az új tehetségek felfedezése és kibontakozása lelassul, sőt az alkalmazott matematikai kutatások színvonala is esik az általánosítás igényének hiánya miatt. Vannak olyan nagy tudományos múlttal rendelkező országok, amelyek riasztó például szolgálhatnak aggodalmainkra.

Hasonlóan súlyos következményre vezet, ha egy ország, vagy egy nagyobb intézmény tudományos életében túlnyomórészt csak a tiszta matematika van jelen és az alkalmazott matematikai kutatások elhanyagoltak, nem megbecsültek. Ez az állapot lefékezi „a tudomány termelőerővé válásának" folyamatát, és így a társadalom nem látja közvetlen hasznát és értelmét a matematikai kutatásoknak. Ennek következtében csökken a matematika tudományának társadalomban betöltött szerepe és jelentősége. Ily módon a gazdasági életben ott is ad hoc empirikus eljárásokat alkalmaznak, ahol matematikai módszereket is lehetne, ott pedig ahol a matematikai módszerek alkalmazása mégis elkerülhetetlen, ezt gyakran rosszul vagy nem megfelelően képzett, gyengébb képességű személyekre (néha sarlatánokra) bízzák. Ha a tiszta matematika elszakad a valóságtól és a realitásoktól, fejlődése lelassul, lényeges, központi jelentőségű problémák helyett periférikus témák kerülnek előtérbe, a matematika „elbarokkosodik"[5].

Hazánkban ebben a században a tiszta matematika területén folytatott tudományos kutatómunka tartósan magas színvonalon állt. Ugyanakkor az alkalmazott matematikai kutatások nem jutottak szerephez, jelentőségük hosszú időn át elhanyagolhatóan csekély mértékű volt. Ezt a felszabadulás előtt részben az ipar alacsony fejlettségi szintje, részben a hadsereg technikai színvonalának fejletlensége magyarázta. Az ország gazdasági, társadalmi és politikai elmaradottsága oda vezetett, hogy míg a század első felében külföldön tevékenykedő, világviszonylatban elismert,

nagy magyar alkalmazott matematikusok listája terjedelmes (Kármán Tódor, Neumann János, Riesz Marcell, Lánczos Kornél és a sort még lehetne folytatni), addig a belföldön tevékenykedők közül mindössze ketten váltak ismertté: Egerváry Jenő és Jordán Károly.

A felszabadulás után felgyorsult fejlődés, a szocialista iparosítás objektíve kedvező helyzetet teremtett az alkalmazott matematika számára, amit azonban nem követett eléggé gyors fejlődés. Ennek egyik okát abban látom, hogy egy ilyen eltorzult, egyenlőtlen helyzet kialakulása a tudományban spontán fejlődés esetén, bizonyos objektív törvényszerűségeknek megfelelően (ti. a tudományos kutatók számának növekedési üteme egy adott tudományterületen arányos az adott területen dolgozó kutatók számával) minden vonatkozásban újratermeli önmagát. A fejlődés lassúságának azonban szubjektív okai is voltak. A matematika területén folytatott tudománypolitika inkább gátolta, mint segítette az alkalmazott matematika fejlődését. Hazánkban 1950-ben indult meg az egyetemi alkalmazott matematikus képzés. Körülbelül ekkortájt alakult meg a Magyar Tudományos Akadémia Alkalmazott Matematikai Intézete is. Nem telt bele tíz év és az egyetemi képzés elnevezését matematikus képzésre, az intézet elnevezését Matematikai Kutató Intézetre változtatták. És itt nem csupán nevekről van szó, sőt a nevek nem is fejeznek ki mindent. Valójában a budapesti egyetemen, számos egészséges kezdeményezés ellenére, hosszú időn át túlnyomórészt tiszta matematikusokat képeztek (az utóbbi években a programozó képzés megindulásával kedvező fordulat állt be), és az előbb említett intézet még ma is túlnyomórészt tiszta matematikai kutatómunkát folytat. Ehhez még hozzátehetjük, hogy hazánkban az alkalmazott matematika kifejezés használata évekig szentségtörésnek számított. Aki ezt a kifejezést használta, számíthatott rá, hogy egy szent dogmaként kezelt Kuratowski-idézettel vágják fejbe.

Az itt vázolt helyzet egyik legszomorúbb következménye az, hogy Magyarországon, ahol a különböző versenyek révén talán a világon a legszervezettebb a fiatal matematikus-tehetségek kiválasztása, ezek számos generációja idegenkedve és némi lenézéssel tekint a „nem-igazi", vagyis az alkalmazott matematikára.

Ahhoz, hogy hazánk előrehaladását, a matematika tudományának harmonikus fejlődését, a matematikát magas szinten kutatók nyugodt, alkotásra serkentő munkakörülményeinek megteremtését szolgáló tudománypolitikát kialakítsák, tisztázni kell és világosan fel kell mutatni a matematikának a világ megismerésében és a társadalmi haladásban betöltött szerepét.

JEGYZETEK

[1] *Id. Grosschmid Lajos:* Archimedes Arenariusa. Stephaneum nyomda 1931. 16. old.

[2] *Fenyő István:* Néhány gondolat a matematika hovatartozásáról. Magyar Tudomány, 1977. 84. sz. 260–263. old.

[3] *B. Riemann:* Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. Gött. Abh. Ges. Wiss., 1968. 1–20. old.

[4] *Polya, G.:* Induction and Analogy in Mathematics. Princeton 1954. VI–VIII. old.

„A matematikát deduktív tudománynak tekintik. Ez azonban a matematikának csak az egyik oldala. A kész matematika végleges formájában tisztán deduktívnak tűnik, amely csak bizonyításokból áll. A matematika az ismeretszerzés folyamatában azonban bármely más emberi ismeret megszerzésének folyamatára hasonlít. Meg kell sejtened a matematikai tételt, mielőtt bebizonyítod; meg kell sejtened a bizonyítás alapötletét, mielőtt kidolgoznád a részleteket. Megfigyeléseket kell összehasonlítanod, analógiákat kell követned; újból és újból próbálkoznod kell. A matematikus alkotó munkájának eredménye egy deduktív gondolatmenet, egy bizonyítás; azonban a bizonyításhoz plauzibilis okoskodás, találgatás vezet el... Észre kell vennünk azt (amit a modern szerzők szinte elfelejtettek, de a régiek, mint Euler és Laplace világosan láttak), hogy az induktív okoskodás ahhoz hasonló szerepet játszik a matematikai vizsgálatokban, mint a fizikai kutatásban."

[5] Az utóbbi kifejezést tanáromtól, Hajós Györgytől hallottam először. (A kifejezés Neumann Jánostól származik. – *A szerk.*)

BÁRD ANDRÁS

Matematikai megismerés – matematikai modell

Közismert tény a matematika és a filozófia fejlődésének intenzív kapcsolata. Bizonyítja ezt jelentős filozófusok matematikai érdeklődése, sőt ezen a területen kifejtett alkotó munkája, és jó néhány matematikus filozófiai területekre való kalandozása a megismerés története során az ókortól egészen napjainkig. A filozófia és a szaktudományok kölcsönhatása általában is jellemzi a filozófia fejlődését. A matematikától elhatárolódó szaktudományok problémái azonban többnyire csak az adott tudomány fogalmi kereteinek forradalmi változásai kapcsán válnak filozófiailag érdekessé, nyernek világnézeti interpretációt. A matematika tudománya esetében a helyzet lényegesen eltérő; magának a matematikának a létezése, a matematikai megismerés lehetséges volta filozófiai vizsgálódások egész sorát bontotta ki, így a matematika a tudományos gondolkodás fejlődésének csaknem teljes történetén keresztül a filozófiai kutatások fontos tárgykörét alkotta és alkotja ma is.

Ezt a tényt semmi esetre sem tekinthetjük véletlennek. Okát röviden így határozhatjuk meg: az összes szaktudomány közül a matematikai megismerés gyökereinek, módszereinek, eredményeinek elemzése során tételeződik legkoncentráltabb, legkiélezettebb formában a filozófia alapvető kérdése.

Egyik oldalról ez azt jelenti, hogy egy materialista ismeretelmélet legnehezebb problémái közé tartozik a matematikai fogalomalkotás, matematikai gondolkodás és bizonyítás objektív, az anyagi valóságban rejlő alapjainak meghatározása. Így a matematika – mint ahogy erre már volt példa – az idealizmus különböző válfajainak utolsó védőbástyája lehet. Ezt a szerepet tölti be már Platónnál is a geometria, amikor egy dialógusában Szókratész a nem érzékelhető ideákra történő visszaemlékezésre keres bizonyítékot. Létezik ilyen bizonyíték, mondja Kebész, mégpedig az, „hogy az emberek, ha valaki célszerű kérdéseket intéz hozzájuk, maguktól megmondják, mi hogyan van. Márpedig, ha nem lenne meg a

hozzávaló ismeretük és helyes belátásuk, nem lennének képesek erre. Különösen, ha valaki geometriai ábrákat vagy más ilyesmiket mutat nekik, akkor bizonyul be legvilágosabban, hogy így áll a dolog."[1] Az absztraháló és idealizáló matematikai gondolkodás létének magyarázata Platónnál csak úgy lehetséges, hogy önálló matematikai ideavilágba hiposztazálja azokat a matematikai fogalmakat, melyek ősképeit az érzékelhető világban közvetlenül nem találja meg. Ez a szféra aztán csak az intelligibilis megismerés, a visszaemlékezés számára érhető el.

Míg Platónnál az általános, az idealizált matematikai fogalmak léte, addig Kantnál a matematikai igazságok végletesen szükségszerű és kétségbevonhatatlan jellege válik az idealista érvelés kiindulópontjává. A kanti megoldás sajátossága, hogy a matematikai állítások elvi cáfolhatatlansága, „falzifikálhatatlansága" – hogy Karl Popper mai terminusát használjuk –, Kant szerint nem jelenti egyben ürességüket, tartalmatlanságukat, azaz analitikus voltukat is. (Ez egyértelműen materialisztikus tendencia még akkor is, ha olyan ellentmondásokhoz vezet, amelyek a szubjektív idealizmus egy sajátos formájával oldhatók csak fel.) A matematika a priori szintetikus ítéleteinek problémáját végül is a tiszta szemlélet bevezetése oldja meg. „Mert miként a tapasztalati szemlélet minden nehézség nélkül lehetővé teszi, hogy a szemlélet valamely tárgyáról alkotott fogalmunkat oly állítmányokkal, amelyeket maga a szemlélet szolgáltat, a tapasztalatban szintetikailag kibővíthessük, azonképp a tiszta szemlélet is lehetővé teszi ezt, csak azzal a különbséggel, hogy az utóbbi esetben a szintetikai ítélet a priori bizonyos és apodiktikus lesz, az előbbi esetben csak a posteriori s tapasztalatilag bizonyos." Így a matematika alapját a tiszta szemlélet képezi, „melyben minden fogalmat *in concreto* és mégis *a priori* tüntetheti fel, vagy amint mondani szokták, *megszerkesztheti*"[2].

Másik oldalról viszont ez azt jelenti, hogy egyáltalán nem könnyű választ adni néhány fontos kérdésre az idealista matematika-felfogásnak sem. Ezek a kérdések a matematika kialakulásával, történelmi fejlődésének mozgatórugóival, a gyakorlati alkalmazások széles körű és differenciált rendszerével kapcsolatosak. Így lehetséges, hogy a modern polgári matematika-felfogás egyik áramlata kénytelen feladni a matematikai ismeretek tartalmas voltának alapelvét. H. B. Curry, a modern formalizmus egyik vezető képviselője jellemzően éppen a matematika tartalmasságáról kialakított nézetük alapján különíti el a különböző matematikai-filozófiai áramlatokat; szerinte két alapvető álláspont létezik: „A *kontenzivizmus* álláspontjának megfelelően a matematikának meghatározott

tárgya, meghatározott tartalma van; a matematikai állításokban alakot öltő, a matematikai használat során elgondolt objektumok – számok, halmazok, relációk, függvények stb. – valamilyen értelemben léteznek, és a matematikai állítások olyan mértékben igazak, amilyen mértékben megegyeznek a tényekkel. A *formalizmus* szerint a matematikát sokkal inkább módszere, mint vizsgálódásának tárgya jellemzi, objektumai vagy nem meghatározottak, vagy ha mégis, akkor úgy, hogy eredeti természetük nem lényeges, és az objektumok egyik kategóriájának másikra cserélése nem befolyásolja az elmélet igazságát."[3]

Curry osztályozásának leglényegesebb hibája, hogy hibás osztályozási elve miatt lényegében egy kalap alá veszi – a kontenzivizmus kategóriájába sorolva – az objektív idealista matematikai platonizmust, a szubjektív idealista intuicionizmust és a matematikai megismerés objektív, valóságbeli alapjait kereső dialektikus materialista felfogást is. Ugyanakkor a Curry által egyedül kielégítőnek tekintett formalista felfogás képtelen megvilágítani a formális rendszerek és a valóság összefüggését, *képtelen megtalálni az egyes formális modellek keletkezésének gyakorlati* indítékait. Kétségtelen a formalizmus affinitása a matematika analitikus, konvencionális jellegét hirdető logikai pozitivizmushoz is. Mint Lakatos Imre, a magyar származású amerikai tudományfilozófus mondja: „a formalizmus a logikai pozitivizmus filozófiájának erődje".

Így természetes, hogy a logikai pozitivizmussal vívott harcban, annak gyengülésével párhuzamosan az utóbbi időben újra egyre erősebb befolyásra tesznek szert a Curry által kontenzivista címkével ellátott különböző irányzatok. Már Wittgenstein is utal arra, hogy a nyelvjátékok – márpedig nála a matematika is language-game – nyelvi alkalmazhatósága a valósággal fennálló bizonyos fokú adekvátságukra utal. Gonseth és Bernays a matematikai tudást a valóság és a tapasztalás legáltalánosabb struktúrájának tükröződéseként fogják fel. Beth álláspontja is közel áll egy hasonló jellegű mérsékelt realizmushoz[4]. Kalmár László – óriási felzúdulást, de néhány egyetértő reagálást is kiváltó provokatív előadásában – egy újfajta empirista matematika-felfogás lehetőségét emlegette.[5] Növekszik a szintén kontenzivistának nevezhető konstruktivizmus befolyása is[6], aminek részben a matematika gyakorlati eredményei az okai. Ezek a nézetek azonban rendszeres, elméletileg kidolgozott megoldásokat nem adnak a matematika főbb filozófiai kérdéseire, hanem inkább a gondolkodás megváltozott irányát jelzik, amely eddig inkább csak a terep előítéletektől való megtisztítását segítette.

A matematikai tudás eredetének problémáját megoldani kívánó

„kontenzivista" áramlatok közös jellemzője ugyanis, hogy a matematikai megismerést kétpólusú rendszerként fogják fel: egyik oldalon valamiféle objektivitás, a matematikai vizsgálat valamiféle tárgya áll, míg vele szemben a matematikai ismeretek birtokosa, a megismerő szubjektum helyezkedik el. Valójában a helyzet nem ennyire egyszerű. Igaza van a szovjet Nüszanbajevnak: a „matematika tudománya nem tanulmányozza közvetlenül a valóságot, csak közvetve, bizonyos absztrakt objektumok prizmáján keresztül vizsgálja azt. A matematika és a valóság között az ember által létrehozott absztrakt objektumok, a reális objektumok eszmei modelljei állnak... A reális objektumok közvetlen vizsgálatát a matematika valamely absztrakt séma tanulmányozásával helyettesíti, amely fontos eszköze az anyagi objektumok működésére és fejlődésére jellemző törvények megismerésének. Bármely matematikai elmélet tehát közvetlenül az általa tanulmányozott absztrakt objektumra vonatkozik."[7] Kedrovszkij azonos alapon állva tesz különbséget a matematika objektuma és tárgya között; a matematika *objektumán* az anyagi valóság azon tulajdonságait és viszonyait érti, amelyek a matematikai tudásban visszatükröződnek, míg a matematikai elmélet *tárgya* az, amire fogalmai, ítéletei, következtetései közvetlenül vonatkoznak.[8]

A matematikai tudásnak tehát három, és nem kettő komponenséről van szó. Az első az objektív valóság egy jelenségcsoportja, amelynek vizsgálatára eszmei modellt konstruálunk. Ez utóbbi a második összetevő, a matematikai modell. A rendszer harmadik elemét alkotó matematikai állítások, ítéletek közvetlenül már erre vonatkoznak. Így világos a matematikai állítások empirikus falzifikálhatóságának, cáfolhatóságának elvi lehetetlensége, hiszen e kijelentések nem a tapasztalati tényekre, hanem valamely konstruált modell „kvázi-tényeire" vonatkoznak. (Falzifikálható viszont egy-egy matematikai modell, mint olyan, amelyik egy adott jelenségkör, objektum adekvát modellezésére, helyettesítésére alkalmatlan – de ez más kérdés.) Hasonlóan magyarázatot adhatunk az igaz matematikai állítások abszolút biztos voltára is – hisz a szubjektum saját maga konstruálta modelljét, tehát képes lehet a megismerésére is.

A nem-marxista matematika-felfogások éppen a matematikai megismerés e hárompólusúságát, sajátos közvetítettségét nem veszik észre. A platonista típusú áramlatok a modellek közvetítő szféráját hiposztazálják, önálló realitássá teszik, a kantiánus jellegű irányzatok esetében viszont a modellek semmit sem közvetítenek, semmit sem helyettesítenek. Az empirista matematika-felfogás nem figyel fel a közvetítőrendszer létére, a formalizmus emellett a matematika objektív valósághoz való

viszonyától is eltekint. Nem is csoda, hogy az itt vázlatosan bemutatott elméletek még arra sem képesek, hogy a matematikai létezés problémáját helyesen vessék fel. Ez tudniillik több kérdést foglal magába:

1. Kérdéses, hogy az objektív valóság jelenségeinek mely oldala, aspektusa az, amely matematikai megismerésünket lehetővé teszi, azaz mi a matematika „objektuma"? (Ez a matematikai elméletek ontológiai alapjának kérdése.)

2. Hogyan konstruáljuk az említett közvetítő szférát, a matematikai elméleteket, modelleket? Melyek a matematikai feltáró és konstrukciós gyakorlat sajátosságai?

3. Milyen a matematikai megismerés „tárgyának", a matematikai modelleknek a létmódja? (Ez a matematikai modellek társadalomontológiai státusának kérdése.)

4. Milyen a matematikai elméletek, modellek és ontológiai alapjuk viszonya? Hogyan képződnek le az objektív valóság jelenségei és viszonyai a matematikai megismerés során?

5. Milyen a matematikai *képződmények rendszerének* és a közvetlenül róla szóló matematikai ismeretek viszonya?

A kérdéseknek ez a rendszere már azt tükrözi, hogy a matematika egyaránt tartalmazza a *megismerés*, a *gyakorlati* konstrukció és a társadalmi *létezés* sajátos módjának elemeit – éppen ez teszi alkalmassá arra, hogy közvetítsen a lét és az ismeret között, de ez okozhatja a matematikai megismerésnek valamifajta „önmegismeréssel" való hibás azonosítását is, és ez teremt lehetőséget a matematika misztifikációjára is.[9]

Az öt kérdés közül most csak a negyedikkel foglalkozunk részletesen, egy példán keresztül. Talán sikerül érzékletesen bemutatni, hogy már egyszerű matematikai objektumok esetében is mennyire áttételes a vizsgált valóságszférát „tükröző" matematikai produktumok megkonstruálása, az absztrakt objektum létrehozása. Olyan absztrakt objektumé, amely korántsem izomorf a valóság tükrözött viszonyrendszerével, hanem azzal sokkal bonyolultabb megfeleltetésben áll.

Vizsgálódásainkat az absztrakcióra és az idealizációra vonatkozó néhány általános megjegyzéssel kezdjük. Mint tudjuk, az *absztrakció* a bennünket körülvevő valóság gondolati elsajátításának egyik legfőbb eszköze. Jelenti egyré zt a fogalomalkotás, az eszmei leképezés azon mozzanatát, hogy a valóságnak ez az elsajátítása elvileg nem ragadja meg a dolgot a maga teljességében, konkrét sokféleségében és sokoldalúságában. Márészt a megismerés eme folyamatának termékét, a fogalmat s absztrakciónak szokás nevezni. Ez teljes mértékben jogos, hiszen

a megismerés eredménye nemcsak tárgyához képest elvont; benne már a megismerési folyamat egésze és a végeredményként keletkező gondolati konstrukciónak reális ősképére való vonatkozása csupán *megszüntetve-megőrizve*, vagyis nem tételezve, rejtve van jelen. Ez a megismerés eredményének mind a megismerés folyamatától, mind annak reális tárgyától való teljes függetlensége és önállósága *objektív látszatát* eredményezi. Az önállóság látszatát még inkább erősíti az absztrakt ismeret formameghatározása; mint Hegel írja, az ész arra törekszik, hogy az általánost, mint „léttel bírót" határozza meg, azaz hogy „*létté, dologgá tegye*"[10]. Így az „általános képzet egy tőle *önkényesen* választott külső anyagban valami szemlélhetővé teszi magát"[11], azaz jelként materializálódva önálló létezővé válik.[12] Absztrakt fogalmaink reinterpretációja, reális ősképük feltárása így jelentős nehézségeket okozhat és interpretációs paradoxonokhoz vezethet. Ez a probléma már az általánosító-azonosító absztrakciók értelmezésénél is felmerül, különösen jelentőssé azonban az úgynevezett idealizáló absztrakció vizsgálatakor válik.[13]

E kérdéskör filozófiai relevanciáját az a Lenin által a „Filozófiai füzetek"-ben kiemelt tény is növeli, miszerint éppen az itt jelzett probléma alkotja a filozófiai idealizmus egyik fő ismeretelméleti gyökerét. Az absztrakció, de különösen az idealizáció filozófiai vizsgálata így a materializmus és az idealizmus harcának igen jelentős küzdőterévé válik. Ez a problematika azonban igen jelentős a következetesen materialista ismeretelmélet szükségszerűen dialektikus voltának igazolása szempontjából is; jelen esetben ugyanis explicit formában kitűnik, hogy egy naiv, illetve egy metafizikus visszatükrözési elmélet hogyan csap át egy szélsőséges, platonizáló típusú objektív idealizmusba.

Az idealizált fogalmak *első* típusának reális alapját, az általuk megjelölt realitást bizonyos dolgok, jelenségek, relatív totalitások, konkrét tárgyi létezők olyan részmozzanataiban találhatjuk meg, amelyek önmagukban nem alkotnak relatív totalitást, hanem más, esetleg velük ellentétes, ugyanakkor egymást feltételező viszonyban álló részmozzanatokkal együtt konstituálják csak az adott jelenséget, dolgot. Az idealizáció folyamatában a részmozzanatok gondolati *leválasztása* és *önálló létező* fogalmi *formájában* (dolog-fogalom formájában) való *tételezése* megy végbe. Példaként szolgálhat erre az absztrakt pont, egy adott elméletben oszthatatlannak tekintett atom fogalma (az oszthatatlanság–oszthatóság ellentmondás-viszonyban álló, ugyanakkor egymást feltételező részmozzanatainak egyikét, az oszthatatlanságot tételezzük itt önállóként),

vagy az „igaz kijelentés" idealizációja (ebben az esetben a kijelentésnek tárgyával való megegyezése és meg nem egyezése mozzanatai közül az utóbbitól vonatkoztatunk el).

Az idealizáció egy *másik* típusát, a *határátmenettel* történő gondolati *konstrukciót* Husserltől kezdve jó néhányan vizsgálták már – nemmarxisták és marxisták egyaránt.[14] Az értelmezésnek ez a típusa azonban minden szemléletessége ellenére sem tekinthető minden vonatkozásában egzaktnak és teljesnek, amit többek között a témával foglalkozó újabb és újabb közlemények megjelenése is bizonyít.

A következőkben az idealizáció Whiteheadtől származó explikációját szeretnénk felidézni és értelmezni a geometriai pont fogalomalkotásával kapcsolatban. Úgy véljük, hogy ez a határátmenettel való idealizáció általános és egzakt logikai-matematikai modelljének tekinthető, így világnézeti jelentősége igen nagy, feltéve persze, hogy a matematikai modell filozófiai interpretációjának Whiteheadnél és Russellnál meglevő szubjektivista, empirista defektusait kiküszöböljük. Így lehetőség nyílik arra is, hogy a több filozófus[15] által már régen kezdeményezett lépést, a matematikai modellek dialektikus materialista alapon történő lényegi filozófiai alkalmazását is bemutassuk.

Mielőtt a modell ismertetésére rátérnénk, meg kell említenünk, hogy Whitehead indítéka az absztrakt fogalomalkotások empirikus terminusokban történő magyarázatának az igénye volt. Ezért üdvözli Russell is a whiteheadi konstrukciót úgy, mint a hiposztázisokkal dolgozó spekulatív metafizikára mért jelentős csapást.

A módszer lényegét Russell a következőképpen látja: „Ha adva van egy sor olyan kijelentés, mely névlegesen a feltételezett levezetett entitásokról szól, megfigyeljük azokat a tulajdonságokat, amelyeket meg kell követelnünk a feltételezett entitásoktól, hogy kijelentéseink igazak legyenek. Azután – kis logikai ötletességgel – megkonstruáljuk bizonyos kevésbé hipotetikus entitásoknak egy olyan logikai függvényét, mely rendelkezik a megkövetelt tulajdonságokkal. A korábbi feltételezés szerint levezetettnek tekintendő entitásokat helyettesítjük az így megkonstruált függvénnyel, s ily módon a kérdéses kijelentéshalmaz új és kevésbé kétséges értelmezését kapjuk meg."[16]

Ez az értelmezés a marxista számára nem fogadható el, hiszen az ismeretelmélet alapvető kérdése – a képmás és valóság megfeleltetése – helyett csak az egyik („absztraktabb") *nyelvnek* a másik („empirikusabb") *nyelvre* történő redukciójának lehetősége vetődik fel.

Az ebben megnyilvánuló idealizmust ugyanakkor egy szélsőségesen

metafizikus reizmus egészíti ki, amely csak a *dolgoknak* engedi meg, a *viszonyoktól* viszont megtagadja a nemlogikai realitást.

A dialektikus materializmus álláspontjáról e „kevésbé hipotetikus entitásokat" nem egyszerűen empirikus adatoknak, hanem reális létezőknek kell tekintenünk. Ugyanakkor, a „feltételezett levezetett entitásokat" az előbbi reális létezők valóságos viszonyai (és nem „logikai függvénye") alapján az emberi megismerés történetében kialakított fogalmi konstrukcióként kell értelmeznünk. Ugyanígy csak mutatis mutandis fogadható el a következő szemléletes russelli megfogalmazás: „a fizikai tér geometriájának fizikai tanulmányozása során a pontokat nem szabad *ab initio* feltételezni, . . .hanem az adatokból és az adatok analogonjaiból álló rendszerek gyanánt kell megkonstruálni őket. Ami természetszerűleg arra indít bennünket, hogy a fizikai pontot úgy definiáljuk, mint a fizikai világ végső összetevőit alkotó tárgyak egy bizonyos osztályát. Mindazoknak a tárgyaknak az osztálya lesz, amelyek – amint az ember természetesen mondaná – *tartalmazzák* a pontot . . . A mi definíciónk, amely a pontot fizikai tárgyak osztályának tekinti, megmagyarázza azt is, hogy miként vezethet a pontok használata fontos fizikai eredményekre, és azt is, hogy ennek ellenére elkerülhető az a feltételezés, mely szerint a pontok maguk is entitások a fizikai világban."[17]

Ezek után rátérhetünk a Whitehead által *extenzív absztrakciónak* nevezett gondolati eljárás formális ismertetésére.[18]

Legyen C a térbeli objektumok osztálya. Tekintsük alapfogalomnak az ezen objektumok halmazán értelmezett kétváltozós relációt, melynek intuitív tartalma: aKb, ha az *magába foglalja* b-t és $a \neq b$. Tételezzük fel K következő formális tulajdonságait:

(i) $\quad aKb \rightarrow a \neq b \quad$ ($\rightarrow$ a materiális implikáció jele)

(ii) $\quad \forall x\ (\exists y\ (xKy)\ \&\ \exists z\ (zKx))$

(iii) $\quad \forall x\ (bKx \rightarrow aKx) \rightarrow (a = b\ \vee aKb)$

(iv) $\quad (aKb\ \&\ bKc) \rightarrow aKc$

(v) $\quad aKc \rightarrow \exists x\ \ (aKx\ \&\ xKc)$

(vi) $\quad \forall x \forall y\ \exists\ z\ (zKx\ \&\ zKy)$

A fenti axiomák közül (i) a K irreflexivitását, (iv) a tranzitivitását fejezi ki, a többi pedig C-re vonatkozó folytonossági, oszthatósági és összefüggőségi tulajdonságok teljesülését garantálja.

Absztraktív halmaznak nevezzük C minden olyan A részhalmazát, melyre

$$(A)\ a, b \in A \quad \text{esetén } aKb \vee bKa$$
$$(B) \sim (\exists x)(\forall y) \quad (y \in A \rightarrow yKx)$$

vagyis A minden elempárjának valamelyike tartalmazza a másikat, és A-nak nincs alsó korlátja bennefoglalásra nézve.

A és B absztraktív halmazok K-ekvivalensek, ha tetszőleges $a \in A$-hoz létezik $b \in B$, hogy aKb, és tetszőleges $b \in B$-hez létezik $a \in A$, hogy bKa, vagyis szemléletesen elemenként fedik le egymást.

Jelölje C^* az absztraktív halmazok osztályát, és C^*/K_e ennek a K-ekvivalencia szerinti faktorosztályát, amelyet úgy kapunk, hogy C^* K-ekvivalens elemeit ekvivalencia-osztályokba egyesítjük és C^*/K_e elemei adják az ekvivalencia-osztályokat. Jelölje P a C^*/K_e-t.

A pontoknak megfelelő konstrukciók éppen P elemei.

Hogy a pont lokalizációjának működését megérthessük, képezzük most 2^P-t, P részhalmazainak halmazát.

Az (*i*) – (*vi*) axiómák éppen azt garantálják, hogy a térbeli objektumok $\langle C, K \rangle$ struktúrája meghatározott módon reprezentálható, modellálható 2^P-n. Egy adott objektum reprezentánsa, $R(a)$ a következőképpen adható meg:

$$R(a) = \{p \in P \mid (\exists A \in p)\,(a \in A)\}.$$

Ez intuitíve azt jelenti, hogy a benne van a p pontot meghatározó valamely absztraktív halmazban. Ezt a definíciót figyelembe véve bebizonyítható, hogy aKb pontosan akkor áll fenn, ha minden p-re $p \in R(b)$-ből $p \in R(a)$ következik, vagyis b reprezentánsának minden pontja eleme a reprezentánsának, ami intuíciónknak pontosan megfelel. Az (*i*) – (*vi*) axiómákból azonban az is következik, hogy elemeinek reprezentánsai nem adják ki 2^P összes elemét, így például az egyelemű ponthalmazokat sem. Ez az egzakt matematikai tény a megfelelője annak, hogy a pontoknak nincs megfelelőjük a térbeli objektumok között.

De akkor mi a pontok megfelelője? A pontok egész rendszere az objektumok és viszonyaik térbeli struktúrájának modellje. Funkciója, hogy a dolgok nem „megfogható" viszonyait „megfogható" dologi formában fejezze ki (b tartalmazza a-t, ha a minden pontja b-nek is pontja). Általában éppen ebben rejlik az idealizációk hasznossága.

Vizsgálódásunk egy érdekes kiegészítő eredményt is hozott. Geometriai szemléletünk egyik alapelemének, a pontnak a fogalomalkotása csak meghatározott előfeltevések alapján válik lehetségessé. Ezek egyrészt a

„térbeli objektum" és a „bennefoglaltatási reláció" alapfogalmai, másrészt a tulajdonságaikra vonatkozó (*i*)–(*vi*) axiómák. Ez újabb bizonyíték térszemléletünk a priori voltával szemben, de ugyanakkor igazolja geometriai fogalomalkotásunk tisztán empirikus megalapozásának lehetetlenségét is. Ez természetes, hiszen a két alapfogalom, csakúgy mint a rájuk vonatkozó axiómák csak a valóságos objektumokkal való gyakorlati manipuláció, az algoritmikus tevékenység tapasztalatainak általánosításával alkotható meg.[19]

Mindezekből az is következik, hogy elvileg lehetséges, hogy a makrotestektől eltérő jelenségek térbeliségének modellezésekor az (*i*)–(*vi*) axiómák valamelyikétől el kell tekintenünk és így a pont fogalomalkotása a vizsgált jelenség-rendszer vonatkozásában nem lesz adekvát. Ennek a problémának különös aktualitást kölcsönöznek bizonyos, Whitehead által észre nem vett, sőt egyáltalán nem ismert tények. Az első az, hogy az absztraktív halmazok létezésének bizonyításakor fel kell használni az úgynevezett kiválasztási axiómát[20] (persze ha *C* megszámlálható, elegendő a teljes indukció alkalmazása is). A második tény a kiválasztási axióma függetlensége a halmazelmélet Zermelo–Fraenkel féle axiómarendszerétől, melyet csak a hatvanas években bizonyított be P. Cohen. Ez utóbbival kapcsolatban a filozófiai vizsgálódások már felvetették egy olyan halmazelmélet elvi lehetőségét, melyben a kiválasztási axióma nem teljesül.[21] Ebben a rendszerben a fentiek szerint a pont fogalomalkotása helyett a térbeliség leírására más modellt kellene találni.

Mindenesetre a kérdéskör jelentősége óriási[22], bár a más típusú térmodellezés perspektíváit és lehetőségeit ma még alig tudjuk felmérni.

Az előzőekben kitértünk az objektív valóság és matematika között *fennálló sajátos viszony bemutatására, amely azonosság és különbség*, megfelelés és meg nem felelés dialektikus egységeként jellemezhető.

Láthattuk, hogy a platonizmus e két szféra különbségét a modellek közvetítő szerepének hiposztazálásával semmisítette meg, míg az empirizmus egyszerűen fel sem tételezi a modellszféra létét.

Más módon, de ugyancsak a közvetítő szféra léte kérdőjeleződik meg a formalizmus által is. Ez az irányzat a modellnek – annak formális nyelvi, axiomatikus leírásán túl – nem tulajdonít önálló létet, ily módon a modell és a modellről szerzett matematikai ismeret – az utóbbi oldalán – teljesen egybeesik. (Nem szabad persze megfeledkeznünk a formalizmus eme álláspontjának viszonylagos létjogosultságáról, melynek okaira most nem térhetünk ki.) Ez az álláspont módszertani szempontból is nagy nehézségeket okoz, ugyanis nem tudja megmagyarázni az új matematikai

modellek keletkezésének okát, ugyanakkor ellentmond a kutató matematikus meggyőződésének is, aki a matematikai állítások mögött legalábbis konceptuális konstrukciókat tételez fel. Igaz, hogy a formalizmus Occam borotvájával a matematika filozófiai kérdéseinek egy elegáns megoldását látszik nyújtani, valójában azonban csak elkendőzi, zárójelbe teszi a problémákat. Ezért állapítja meg Kreisel meglehetősen élesen, hogy a formalizmus elméleti szempontból valójában az impotencia kultusza.[23] Kreisel érvelése szerint a formalista doktrína elfogadásának leghétköznapibb oka az a felfogás, hogy az intuitív konstrukciókról, a modellekről, amelyek a formális rendszer alapját képezik, nem lehet matematikailag egzakt leírásokat adni. Véleménye szerint a matematikai konstrukciók intuitív világában is lehetséges ennek a feltételnek a teljesítése.

Ennek érdekében alkotja meg az „informal rigour", a nem-formális szigorúság fogalmát. Ennek példájaként elemzi a halmazelmélet komprehenzió-axiómájának intuitív alapját, és kimutatja, hogy a következő három, egymástól különböző intuitív halmazfelfogás tekintetében egészen más formális komprehenzió-axióma elfogadása szükséges; ha a halmazokat úgy fogjuk fel (1) mint a véges kollekciók analogonjait, (2) mint egy adott kollekció tetszőleges részkollekcióit, (3) mint a tulajdonság egy általánosabb fogalmi meghatározásából eredő absztrakciót, mely szerint egy halmaz egy adott tulajdonsággal bíró elemek összessége.

A naiv halmazelmélet ismert paradoxonjai Kreisel szerint éppen abból erednek, hogy az intuitív konstrukcióban e három felfogás elemei tisztázatlanul keverednek.

Figyelembe véve, hogy a Cohen által bizonyított tételek, továbbá a kiválasztási axióma és a kontinuum-hipotézis függetlenségének már említett ténye a matematika más típusú megalapozásának igényét veti fel, fokozott érdeklődésre tarthat számot Kreiselnek a nem-formálisan egzakt matematikai modellek létének elfogadása alapján feltett kérdése: a halmazra vonatkozó, „harmadik típusú elképzelés eléggé precíz-e ahhoz, hogy az előzőekhez hasonló gazdagságú elméleti rendszer legyen ráépíthető? És ha ezt sikerül megvalósítani, akkor ennek van-e jelentősége a matematikai gyakorlat számára, vagy csak a matematika alapjainak kutatása szempontjából fontos?"[24] A feltett kérdésekre Kreisel nem tud választ adni, mert mint mondja, a fogalmak kezelésének logikája még nem eléggé kidolgozott a részletes elemzéshez.

Mindenesetre Kreisel tisztában van azzal, hogy a matematika új és gyümölcsöző alapokra történő helyezése nem valósítható meg olyan formális lépés alapján, mint egy adott axióma eliminálása a halmazelmélet

axiómarendszeréből. Ez természetes, hiszen ahhoz, hogy egy redukált axiómarendszer a matematikus számára használható legyen, éppen az szükséges, hogy valami olyan matematikai struktúra elégítse ki, ami az eredetinek *nem* modellje. Ehhez viszont éppenséggel egy ilyen alapvető modellre, konstrukcióra vagy fogalomra lenne szükség, aminek megalkotása valószínűleg meg kell, hogy előzze az axióma-elimináció formális lépését.

Befejezésképpen a korábban mondottak megerősítéséül hadd hivatkozzam Lake-nek a „Dialecticá"-ban megjelent cikkére. Ebben az amerikai tudós Kreiselhez hasonlóan az alapvető eszmék kialakítását tartja a matematikai tudás fejlődése szempontjából a kiindulópontnak. Azt hiszem, hogy két erősen meggyökeresedett előítélet elleni harcban mi is megszívlelhetjük tanácsait. Igaza van, amikor azt mondja, hogy „sokkal több szimpátiát és bátorítást kell adni a matematika új alapeszmékből táplálkozó további fejlődésének" és az ezzel kapcsolatos kísérleteknek, mint ahogy ez napjainkban szokásos. Ugyanakkor az is tény, hogy – sok matematikus tevékenységével ellentétben – „nincs szükség arra, hogy a technikai jellegű vizsgálatokat és fogalomalkotásokat kellő alap nélkül egészen a tengeribetegségig fokozzuk."[25]

Talán van némi igazság abban a megállapításban, miszerint a meglehetősen speciális struktúrák technikai jellegű vizsgálatának a matematikai kutatásokban egyre növekvő részaránya azt jelzi, hogy a matematikus is lehet egyfajta elidegenedés áldozata. Az mindenesetre bizonyos, hogy a már létrehozott matematikai modelleket vagy azok erősen specifikált aleseteit vizsgáló matematika semmiképpen sem pótolhatja a szaktudományok elméleti problémáira reagáló, állandóan újabb és újabb gondolati modelleket konstruáló és „feltáró" matematikai tevékenységet. Ismeretes, hogy konkrét esetekben nehéz meghúzni a határt az elméletileg érdekes és gyakorlatilag fontos, valamint a kizárólag technikai jellegű matematikai kutatások eredményei között. A matematika filozófiai problémáinak elemzése során az egyik fő feladat éppen az, hogy segítsen feltárni a matematika fejlődésének perspektíváit és megerősíteni a gyümölcsözőnek látszó kutatási tendenciákat.

[1] *Platón:* Részlet a Phaidón című dialógusból. (Filozófiatörténeti szöveggyűjtemény I. köt.) Tankönyvkiadó 1962. 61. old.

[2] *Kant:* Prolegomenák. 5.§.

[3] *H. B. Curry:* Osznovi matyematyicseszkoj logiki. Moszkva 1969. 27. old.

[4] *E. W. Beth:* Mathematical Thought (IX. An Introduction to the Philosophy of Mathematics. Dordrecht-Holland 1965. 174–192. old.
A kérdéskör általános filozófiai összefüggéseit lásd még *Gedő A.:* Válságtudat és filozófia. Kossuth Könyvkiadó 1976. 253–259. old.

[5] *Kalmár L.:* The Foundations of Mathematics. (Referátum.) Megjelent a „Problems in the Philosophy of Mathematics" c. kötetben. (North–Holland 1972.)

[6] Lásd részletesebben *V. N. Trosztnyikov:* Konsztruktyivnije processzi v matyematyike. Moszkva 1975.

[7] *Zs. Abdilgyin–A. Niszanbajev:* Gyialektyiko-logicseszkije principi posztrojényija tyeoriji. Alma-Ata 1973. 222. old. A matematika és a gondolati modellezés lényegi kapcsolatát illetően a leírt gondolatok és a felhasznált terminusok jelentős részben *Gáspár András* matematikus „A matematika és a modellezéstudományok" c. sokszorosított vitaindítójából, továbbá az ELTE TTK Filozófia Tanszékének a matematika filozófiai problémáival foglalkozó teamjében e vitaindító alapján folytatott beszélgetések tapasztalataiból származnak.

[8] Lásd *Kedrovszkij:* Metodologicseszkije problemi razvityija matyematyicseszkovo poznanyija. Kiev 1977. 155. old.

[9] Fenti gondolataim rendszerezéséhez Horváth Józseftől kaptam segítséget. Vö. még *Horváth J.:* A marxista filozófia tartalmi struktúrájáról. (II.) MFSz 1975. 1–2. szám.

[10] *Hegel:* A szellem filozófiája. Akadémiai Kiadó 1968. 262. old.

[11] Ugyanott, 263. old.

[12] Ha Hegelt „materialisztikusan olvassuk", akkor nyilvánvaló, hogy az általános képzetnek nem azért kell dologi, azaz jelformát öltenie, mert így „objektíve, magán- és magáértvalóan igazolódik", hanem azért, mert az általános képzet csak „léttelbíróként", jelformában kommunikálható az ember társadalmi tevékenysége során.

[13] Az „idealizáció" fogalmát a Nagy Szovjet Enciklopédia a következőképpen határozza meg: „Az idealizáció, az idealizáció folyamata a valóságban nem létező és nem is létrehozható objektumokat jelölő fogalmak gondolati konstruálása, olyan fogalmaké, melyeknek mégis létezik reális ősképük (proobraz) a valóságos világban. Az idealizáció folyamatának jellemzője az olyan tulajdonságoktól, illetve viszonyoktól való elvonatkoztatás, amelyek szükségszerűen jelen vannak a reális valóságban, valamint olyan jegyek felvétele az ábrázolt fogalom tartalmába, amelyek elvileg nem tartozhatnak a fogalom reális ősképéhez. Az idealizáció eredményeként keletkezett fogalom példájaként szolgálhat a »pont« fogalma; a valóságos világban nem lehetséges olyan objektumot találni, amelynek ne lenne kiterjedése." És mégis „miután az adott objektumról idealizáció segítségével alkotunk fogalmat, a továbbiakban úgy operálhatunk vele megfontolásainkban, mint reálisan létező dologgal".
Már ez a definíció is érzékelteti a paradoxonok felmerülésének lehetőségét. A paradoxonok kérdését részletesen tárgyalja *Szubbotyin* idealizációval foglalkozó tanulmánya. (in: Problémi logiki naucsnovo poznanyija. Moszkva 1964. 357–374. old.)
Meg kell még jegyeznünk, hogy egyes szerzők (így például Heitsch és P. D. Gorszkij)

az általánosító-azonosító absztrakciót az idealizáció speciális esetének tekintik. Álláspontjuk részleges létjogosultsága abban rejlik, hogy amennyiben az általános fogalmat konkrét egyedi létező nevének tekintjük, akkor ilyen értelemben a fogalomnak nincs referenciája. Ha azonban ezt a dolgok egy osztálya nevének, vagyis *tulajdonságnévként* fogjuk fel, akkor a jelölt tulajdonság terjedelme lehet nem-üres. Ezzel szemben a „valódi" idealizációk (például geometriai pont, abszolút fekete test stb.) még reális tulajdonságot vagy osztályt jelölő névként sem értelmezhetők. Az említett álláspont éppen ezt a különbséget mossa el.

[14] Lásd például *Husserl:* Válogatott tanulmányok (Valóságtudomány és idealizálás). Gondolat 1972. 276–295. old., illetve *D. P. Gorszkij:* Problémi obsej metodologiji nauk i gyialektyicseszkoj logiki. Moszkva 1966. 18–40. old. és különösen a 35. old.

[15] Példaként *M. Bungét* és *G. Kröbert* említhetjük.

[16] *B. Russell:* Az érzéki adatok viszonya a fizikához. (in: Miszticizmus és logika) Magyar Helikon 1976. 253. old.

[17] *B. Russell:* A tudományos módszer a filozófiában. (in: Id. mű.) 188–189. old.

[18] *A. N. Whitehead* erről a kérdéskörről az „An Enquiry Concerning the Principles of Rational Knowledge" c., 1919-ben megjelent könyvében ír. Mi közvetlenül *G. T. Kneebone* ismertetésére támaszkodunk. (in: Mathematical Logic and the Foundations of Mathematics. London 1965. 342. old.)

[19] Ezt közvetve igazolják *Piaget* pszichológiai kutatásai is, bár ő inkább ekvivalencia típusú relációkkal foglalkozik, míg *K* csupán tranzitív.

[20] A kiválasztási axiómával kapcsolatos kérdésekről lásd *T. J. Jech* kiváló elemzését „The Axiom of Choice" címmel. (North–Holland 1973.)

[21] Lásd például *J. Naan:* Végtelenség és világegyetem. A végtelenség fogalma a matematikában és a kozmológiában. Gondolat 1974. 63. old.

[22] Vö. *Sz. Janovszkaja* hozzászólásával a modern természettudományok filozófiai problémáiról tartott össz-szövetségi tanácskozáson (Moszkva 1958.) Mint mondja, „lehetséges, hogy bizonyos nehézségek, amelyek a fizikával kapcsolatban felmerülnek, azzal a matematikával kapcsolatosak, amelyet a fizika használ fel". Példaként pedig éppen a tér és az idő pontjainak individualizálhatóságát és a kiterjedés nélküli pont lokalizációját említi.

[23] *G. Kreisel–J. L. Krivine:* Elements of Mathematical Logic. North–Holland 1971. 169. old.

[24] *G. Kreisel:* Id. mű. 178. old.

[25] *J. Lake:* A Philosophy of Mathematics. Dialectica, 1974. No. 28. 263–270. old.

KIS-TÓTH GYULA

A formalizáció fogalma – a formák matematikája vagy a matematika formája?

Történetileg a formalizáció – mint az ismeretek általános rögzítési formája – az emberi gondolkodás és a nyelv „keletkezésével" jött létre. Talán felesleges megkettőzésnek tűnhet *emberi* gondolkodásról és nyelvről beszélni, de éppen az állati intellektussal és az állati kommunikációval való szembeállításban, illetve ezek belső fejlődésében – amennyiben ezek a tudatnak és a nyelvnek természeti előtörténetét jelentik – figyelhető meg világosan *a formalizáció legalapvetőbb funkciója:* a közvetlenül adotton való túllépés a tevékenység tárgya lényeges és törvényszerű oldalainak feltárása és rögzítése céljából.

A formalizáció fogalmának mai interpretációit D. P. Gorszkij a következőképpen osztályozta:

1. A vizsgált szituáció, illetve az ismeret egyszerűsítésének módszere, melynek célja a környezetben történő legegyszerűbb tájékozódás, valamint a megismerés előrehaladásának és a megismerő tevékenység eredményei sikeres alkalmazásának (és általánosabban még a lehetőségének is) biztosítása a gyakorlatban. Ebben az esetben a formalizáció fogalmát Gorszkij szerint ismeretelméleti értelemben használjuk. Ezen a szinten tehát arról van szó, hogy a tartalom szabatos meghatározása, egyáltalán a feltárása, ismeretelméletileg a tartalom formájának feltárásán és rögzítésén keresztül történik.

2. Speciális, mégpedig a matematikai és logikai elméletekben keletkező problémák megoldására használt módszer. Ebben az esetben a formalizálást a szó szűkebb (speciális) értelmében használjuk.

3. Az ismeretanyag invariánsai és struktúrái mesterséges, úgynevezett „segéd"-nyelvek alapján (jelformában) történő tanulmányozásának módszere, ami lehetővé teszi, hogy a vizsgált objektumról megfogalmazott szabályokat szimbólumokkal helyettesítsük. Ezt nevezi Gorszkij a formalizáció tágabb értelmezésének. Ide számíthatjuk a mesterséges nyelvek

azon funkcióját is, hogy a szakmai, illetve a tudományos kommunikációt tömörebbé és egyértelműbbé tegyék.[1]

E két utóbbi megközelítési mód szorosan összefügg egymással, amennyiben a mesterséges szimbólumrendszerek legősibb alkalmazója a matematika, ugyanakkor a tudományok fontos segédeszközét alkotó mesterséges (formalizált) nyelvek tulajdonságainak vizsgálata többek között a matematikának is feladata, sőt éppen ezek használata teszi lehetővé a tudományok egyre nagyobb mértékű matematizálását.

A továbbiakban először az általános ismeretelméleti értelemben vett formalizációnak a matematika fejlődésére gyakorolt hatását vizsgáljuk, különös tekintettel azon pozitív és sokszor alapvető mozzanatokra, melyek a matematika történetében megfigyelhetők; az első matematikai szimbólumok megjelenésétől a szűkebb matematikai-logikai értelemben vett formalizációfogalom XIX–XX. századi kidolgozásáig.

Az általában vett formalizáció számára minőségi változást jelentett az írás megjelenése. Az írásbeliség tette lehetővé, hogy a receptszerű számolási utasításokban a számjelek mellől elmaradjanak a konkrét dolgok (kenyér, gabona stb.) nevei, amelyekre a számítási feladatok eredetileg vonatkoztak.

A Rhind-papyrus és a moszkvai papyrus az egyiptomi empirikus és „alkalmazott" matematikai ismeretek emlékét őrzik. Az ezeket kézikönyvként használó egyiptomi írnokok számára a matematika igazságkritériumát – ha egyáltalán ebben az esetben használható ez a fogalom – a gyakorlat, a mindennapi tapasztalat jelentette. „Az egyiptomiak nem ismernek számlálóval és nevezővel rendelkező törteket, mint mi. Létezik először is korlátozott számú természetes tört, amelyek a mindennapi életben előfordulnak, és amelyeknek külön nevük is van. ... Az egyiptomi nyelvben természetes tört az 1/2, 1/3, 2/3, 1/4, 3/4 és talán még az 1/6 és az 1/8. Ez a készlet csak a számolás technikájának továbbfejlődése során bővül az *elemi törtek* (ahogy mi mondanók: 1 számlálójú törtek) hozzávételével. A felsoroltakon kívül más törtekre az egyiptomi nyelvben nincs jelölés."[2]

Az egyiptomi matematika additív volt, a törteket elemi törtek összegeként írták fel. B. L. van der Waerden szerint az egyiptomi szorzás tipikus írásbeli művelet, ezért nem lehet régebbi, mint a számok írása. Hangsúlyozza, hogy a számolás tudományának fejlődése a Rhind-papyrustól általunk ismert szintig, az írás feltalálásával kezdődően sok évszázadon keresztül tartott. Ez a számolási technika mai szemmel nézve rendkívül nehézkes és feleslegesen túlbonyolított volt. „A jelölésrendszer és tech-

nika igen nagy jelentőségű a matematika fejlődésének szempontjából, természetesen nem abban az értelemben, hogy jó számrendszer automatikusan magasan fejlett matematikához vezet, hanem oly módon, hogy jó jelölésrendszer és a négy alapművelet kényelmes kezelési módja elengedhetetlen feltétele a matematika fejlődésének. Ha az ember nem ura ezeknek az alapműveleteknek, akkor a matematika nem haladhat meg bizonyos alacsony szintet."[3]

A mezopotámiai matematikának az egyiptominál magasabb fejlettségi színvonala, valamint az algebra első próbálkozásainak és eredményeinek jelentkezése többek között annak a következménye volt, hogy az uralkodó sémi nép átvette az ősi sumér képírást – ami ideogrammák gyűjteménye volt –, s matematikájukban is ezt használták. Ebben az írásban minden jel egy fogalmat szimbolizált, így az ideogramma független az adott nyelv kifejezési formáitól. (Ilyen ideogramma a mai matematikai nyelvben például a + jel, ami minden nyelvben ugyanazt a műveletet jelenti, függetlenül attól, hogy az adott nyelv milyen elnevezéssel illeti.)

A matematikának a szimbólumrendszer által történő meghatározottságában az a legalapvetőbb összefüggés tükröződik, hogy végső soron *a matematikát – hiszen magát a szimbólumrendszert is – a társadalmi gyakorlat határozza meg történetileg.* Az ideogrammatikus írás kialakulásában az is nagy szerepet játszott, hogy a korábbi szótagírásos ékírás – mivel a szótag értelmezése nem független a kiejtéstől – Mezopotámia mozgalmas történetének, az egymást váltó dinasztiáknak a következtében egyre bonyolultabbá vált, ily módon a már megszerzett ismeretek fennmaradása és továbbadása veszélybe került, ugyanis az a helyzet állt elő, hogy néhány generációváltást követően már nem értették az ékírásos táblák szövegét. „Ez a tény, ez a praktikus szükséglet, változtathatta a korábban szótagnyelvet (jelen esetben a korai sumért) ideogrammatikussá. Az ideogrammák rendkívül alkalmasak voltak arra, hogy az algebra nyelvévé váljanak. A babiloni matematika algebrai karakterének, illetve ezen algebrai jelleg keletkezésének egyik kulcsa – éppen úgy, mint a modern algebrának – a megfelelő jelölésrendszer megtalálása."[4]

Az algebra kialakulásának folyamatában a nyelv kettős funkciója figyelhető meg: egyrészt mint objektiváció rögzíti és közvetíti a gondolatot, az ismeretet, lehetővé téve az adott tudásszint hosszú időre szóló megőrzését, másrészt az is láthatóvá válik, hogy „a gondolat a nyelvben készül el (Vigotszkij)"[5].

Az első görög matematikus, aki az algebrát továbbfejlesztette, Diophantosz volt. Az általa bevezetett algebrai jelek még főleg szavak rövidí-

téseinek feleltek meg, de ezek már lehetővé tették bonyolultabb algebrai problémák megoldását és új megoldási módszerek kidolgozását. Ebből a szempontból döntő jelentőséggel bírt, hogy Diophantosz külön jelet használt az ismeretlen jelölésére. Az ismeretlen számot *ar*-ral (arithmos = szám), az ismert számot *mo*-val (monos = egység) és az egyenlőséget *is*-sel (isos = egyenlő) jelölte. Ennek megfelelően például a $2x+3 = 11$ egyenlet az ő jelölésével a következő formában írható fel: *2ar 3mo is 11 mo*. Arisztotelész az általa vizsgált szillogizmusok általános érvényét a bennük szerepeltetett betűszimbólumok segítségével fejezte ki. (Ha *A* minden *B*-nek és *B* minden *C*-nek állítmánya, akkor szükségszerűen következik, hogy *A* minden *C*-nek állítmánya.) Hogy a betűszimbólum milyen mértékben teszi sikeressé azt a megközelítési módot, miszerint a következtetés általános érvényessége a benne szereplő nyelvi-logikai változók és konstansok egymáshoz viszonyított rendjén múlik, az bizonyítja a legjobban, hogy a logikai tankönyvek többsége ma is ebben a formában adja meg a szillogizmusokat. Ezt viszont a fenti esetben a görög nyelv fonetikus írásmódja és megfelelő strukturáltsága tette lehetővé.

A XVII. század az új módszer keresésének kora a filozófiában, a logikában és a természettudományokban egyaránt. A kereskedelem fejlődése, a városok megnövekedett szerepe, a manufaktúra térhódítása, az önálló nemzeti államok létrejötte, a polgárság gazdasági megerősödése többek közt azt eredményezte, hogy abban „az időben a haladó filozófiai gondolkodásnak vezérmotívuma volt az a felismerés, hogy a logika hivatalos, skolasztikus-formális változata nem alkalmas arra, hogy az igazi gondolkodás »organonja« legyen"[6]. Bennünket elsősorban az új módszer kialakításának azon kísérletei érdekelnek, melyek többé-kevésbé az akkori (s egyre több eredményt felmutató) matematikát, ezen belül a geometria axiomatizáltságát, valamint az aritmetika formalizáltságát és algoritmikus-mechanisztikus univerzalitását tekintették valamilyen módon a módszer eredményessége mértékének.

Ennek kapcsán meg kell említeni Hobbes nevét, aki 1628-ban egy genfi magánkönyvtárban véletlenül rábukkant Eukleidész geometriájára, ami a továbbiakban élete meghatározó szellemi élményének bizonyult. Benne lelte meg azt a rég keresett kulcsot, amellyel a világ egésze egy *ésszerű* filozófiai rendszerbe rendezhető; „mindenütt, ahol összeadásnak és kivonásnak helye van, helye van az értelemnek is, és ahol az előbbieknek nincs helyük, ott az értelemnek sincs semmi keresnivalója. . . . mert ebben a jelentésében az értelem nem egyéb, mint azoknak az általános neveknek sorával eszközölt számítás (azaz összeadás és kivonás), amelyek-

ben gondolatainkat megjelölésére és kijelentésére megegyeztünk egymással."[7]

Spinoza főművének már a címe is árulkodó; „Ethica ordine geometrico demonstrata". Ez az „ordine geometrico" a kor uralkodó felfogása, ami megfelel a valóság és az ismeretelmélet mechanisztikus szemléletének. Mivel a valóságnak csak a mennyiségi jellemzőit – s ezek valóban leírhatók absztrakt, vagyis matematikai-geometriai módszerekkel – tekintették tudományosnak és objektíve létezőknek, ezért a gondolkodás „logikai" elveit a matematikai gondolkodás elveivel azonosították. Descartes és Leibniz is osztották azt a nézetet, miszerint valamiféle „egyetemes matematikát" kell létrehozni, melyben egyetlen „univerzális nyelv" egyértelmű jeleivel lehetővé válik tisztán formális műveletek elvégzése. Leibniz a descartes-i pszichologizáló módszerrel szemben a hobbes-i analízis gondolatát fejlesztette tovább. Ily módon a filozófia történetében elsőként dolgozta ki a formális logikai analízis elméletét.

Leibniz lényegében három követelményt tűzött a megteremtendő új logika, a „maethesis universalis" illetve „logistica" vagy logikai mathematica elé:

1. Egy „*characteristica universalis*", azaz egy olyan jelrendszer létrehozása, amelynek alapjelei az alapfogalmak jellemzőinek (charakter) felelnek meg, s melyek kombinációiból minden más fogalom jellemzői előállíthatóak.

2. Egy „*calculus ratiocinator*", azaz egy olyan kalkulus megteremtése, mely lehetővé teszi a characteristica universalis jeleiből felépített kifejezések tisztán mechanikus, numerikus kezelését.

3. Egy „*ars iudicandi*", azaz egy olyan eljárás kidolgozása, melynek segítségével minden, a charakteristica universalis jeleivel megfogalmazott kijelentésről eldönthető, hogy igaz-e vagy hamis.

Leibniz több munkájában kísérletet is tett ezeknek a követelményeknek a kielégítésére[8], és ennek a három követelménynek a megfogalmazásával a modern matematikai-logikai értelemben vett formalizációfogalom lényeges mozzanatait előlegezte.

Az ipari forradalom korában a munkagépek iránt megnövekedett igények következtében a természettudományoktól többek között a mozgások tanulmányozását várták el. Ahhoz, hogy a mechanika ezt a szükségletet kielégíthesse, nem voltak elégségesek az addig kidolgozott matematikai eszközök és eljárások. A mozgás egzakt vizsgálatához gyökeresen új módszerekre volt szükség. Megszületett az infinitezimális számítás, melynek létrejöttét az segítette elő, hogy az analitikus geometria alapjai már

ki voltak dolgozva. Leibniz és Newton voltak azok, akik elődjeik (Wallis, Huygens és mások) nyomdokain és a meglevő eredmények ismeretében egymástól függetlenül felfedezték a differenciál- és integrálszámítást. Ez már alkalmasnak bizonyult a mozgások leírására, de bizonyítási eljárásai az esetek többségében a szemléletesség érdekében pusztán mechanikai és geometriai hasonlóságokon alapultak. A legtöbb problémát azonban a logikai alapok tisztázatlansága idézte elő.

A XIX. század folyamán a matematikusok arra törekedtek, hogy az analízist megtisztítsák a geometria és mechanika maradványaitól. Az analízis logikai átalakításában A. Cauchy végzett nagy munkát, aki az analízis megalapozása során a változó mennyiség fogalmát primitív fogalomnak tekintette, továbbá a határátmenet segítségével a végtelenül kicsi mennyiség, valamint az analízis egyéb fogalmait definiálta.

A XIX. század matematikáját általánosságban az alapvető matematikai fogalmak és módszerek szigorú megalapozása és kritikai analízise iránti igény jellemzi. Mindez komoly filozófiai problémákat is felvetett. Viták folytak *a matematika ismeretelméleti szerepéről*, *a matematikai objektumok természetéről*, *a matematika és a gondolkodás törvényeinek viszonyáról*, *az alapvetőnek tekintett természetes számfogalom megalapozásáról*.

Az egzaktság egyre szigorúbb követelménye, a bizonyítás és a következtetés szabályai mindenféle esetlegességet (szubjektivitást) kiküszöbölő mechanikus (formális) használatának igénye, továbbá az egyre növekvő absztraktság a matematikát közelebb vitte a logikához, és egyúttal azt is elősegítette, hogy a matematikai módszerek mindjobban behatoltak a logikába és azt minőségileg átalakították.

A hagyományos logika ugyanis még a XIX. századi matematika felől nézve sem rendelkezett kellő formális szigorúsággal. Az algebrai és a logikai szabályok között meglevő analógia azonban az algebra fejlődésével párhuzamosan mind szélesebb területen hívta fel magára a kutatók figyelmét. Így például kézenfekvőnek tűnt, hogy az algebrában használt formális nyelv, vagyis a *formulák nyelvének* az univerzalitását – az itt említett analógia segítségével – a logikai vizsgálatok során *felhasználják*.

1847-ben jelent meg G. Boole „The Mathematical Analysis of Logic. Being an Essay Toward a Calculus of Deductive Reasoning" és A. De Morgan „Formal Logic or the Calculus of Inference, Necessary and Probable" c. műve. Boole a logikai törvényeket az algebrai törvények speciális esetének tekintette. Az általa kidolgozott algebrai jellegű technika a közönséges nyelv helyett szimbólumok rendszerét alkalmazta, az ítéleteket egyenletekkel, a deduktív szillogizmus műveleteit logikai egyenlőségek

megoldásával helyettesítette. Ha ezt a leibnizi programmal hasonlítjuk össze, akkor Frege jellemzését kell elfogadnunk, mely szerint Boole logikai algebrája csak „calculus ratiocinator", nem pedig „lingua characteristica universalis".

Boole, De Morgan, Peirce, Schröder, Poreckij és a logikai algebra kidolgozásán munkálkodó többi szakember arra törekedett, hogy az ítéletek és a fogalmak közötti logikai kapcsolatokat matematikai formulákkal fejezzék ki, a logikai konklúziókhoz pedig az alapformuláknak meghatározott szabályok szerint történő *formális* átalakítása révén jussanak el. A matematikai formalizmus, valamint a vele átvett és a formulák absztraktságának megfelelő formális módszer tette lehetővé a hagyományos logika kereteinek lényeges meghaladását.

A logikai algebra hozzájárulása a logika és a formalizáció módszereinek fejlődéséhez jelentős, de figyelme a leibnizi programnak csak egyik pontjára terjed ki; a logikai összefüggések mechanikus, formális kezelésének és kiszámításának megvalósítására. Az univerzális logikai nyelv megteremtése és annak kalkulussá formálása Frege érdeme.

Schröder elméletében a főként a klasszikus analízis és a függvénytan megalapozásával kapcsolatos vizsgálatokban kidolgozott fogalmakból és módszerekből keletkező halmazelmélet és a logikai algebra sok szempontból összeolvad.[9] „A halmazok matematikai elméletének összefonódását a logikával az új diszciplínának a matematika történetében páratlan absztraktsága tette lehetővé. Már Cantornál sok fogalom vonatkozik a legkülönfélébb gondolati objektumokra (a halmaz, a részhalmaz, a kölcsönösen egyértelmű megfeleltetés, a számosság stb. fogalma), és ennek eredményeképpen egy sorba kerül az általános logikai fogalmakkal. Dedekindnél a halmazokkal végzett műveletek és e műveletek törvényei formállogikai műveletekké és törvényekké lesznek. A halmazelméletnek a logikával való összefonódása tehát tovább erősödött. Annak következtében, hogy a matematikát visszavezették az aritmetikára, az utóbbit pedig a halmazok absztrakt elméletére építették, amelynek fogalmai, általánosságuknál fogva, egyjelentésűek a logikai fogalmakkal, lehetővé vált, hogy kidolgozzák a matematika logikai alapját."[10]

Hosszú időn át probléma volt a számnak mint matematikai alapfogalomnak és az aritmetikának a megalapozása, valamint ezzel összefüggésben a matematika ismeretelméleti helyének tisztázása. Frege elvetette mind a pszichologizáló magyarázatot – „Hiszen hasznos lehet a matematikai gondolkodás során keletkező képzeteket és változásaikat szemlélni; a pszichológia mégse gondolja, hogy az aritmetika megalapozásá-

hoz bármivel is hozzájárulhat"[11] –, mind a születőfélben levő és egyre jobban elterjedő formalista felfogást, mely szerint a számok pusztán szimbólumok és az aritmetika csak az ezek kezelésére vonatkozó és önkényesen megállapított szabályok rendszere. Ezekkel az elméletekkel szemben Leibniz nézetéhez tartotta magát, miszerint az aritmetika tételei „minden lehetséges világban" érvényes „észigazságok" és ennyiben az aritmetika tiszta logikai diszciplínának tekinthető. Annak bizonyítására törekedett, hogy a természetes számok elméletének mint matematikai elméletnek a fogalmai logikai fogalmak segítségével definiálhatók; továbbá, hogy minden tétel pusztán a logika törvényeire támaszkodva is bizonyítható, mégpedig ezen kívülálló – szemléletre, tapasztalatra vagy lelki jelenségekre vonatkozó – előfeltevések nélkül.[12]

A matematikai definíciók és bizonyítások szabatos elemzésére Frege a tradicionális logika eszközeit elégtelennek találta, ezért egy új módszertani apparátust, egy új logikai elméletet dolgozott ki, melyet első formájában 1879-ben tárt a nyilvánosság elé[13], s melyet a későbbiek során továbbfejlesztett.

Frege az általa „fogalomírásnak" nevezett (mai szóhasználattal szimbolikus logikának mondanánk) logikai elméletében abból a tényből indult ki, hogy a természetes nyelv (beleértve a matematikai formalizmusok nyelvét is) az aritmetikai bizonyítások logikai struktúrájának feltárására, valamint a nem tudatosan felhasznált előfeltevések kimutatására, leleplezésére nem alkalmas. Ezért szerinte egy olyan logikai nyelv megalkotására volt szükség, melynek segítségével figyelmen kívül hagyhatunk minden olyan momentumot, ami a következtetések megbízhatósága, általánossága szempontjából elhanyagolható és közömbös. Ugyanakkor ennek a nyelvnek alapvető feladata a közvetett módon érvényre jutó feltevések kiszűrése, a bizonyítás minden egyes lépésének megalapozása és ezek „kontinuitásának" garantálása. „A laikus számára nem könnyű belátni a szimbolikus ábrázolás fontosságát a matematika alapjainak tárgyalásában, a magyarázat pedig talán furcsa paradoxonként hat. Mégis tény, hogy a szimbolika azért hasznos, mert bonyolulttá teszi a dolgokat. (Ez nem igaz a matematika magasabb fejezeteire, hanem csupán kezdeteire vonatkozólag.) ... a kezdetek teljesen magától értetődőek, és nagyon nehéz átlátni azt, hogy az egyik magától értetődő kijelentés következik-e a másikból, avagy sem. A nyilvánvalóság mindig ellensége a szabatosságnak. Ezért kitalálunk egy új és bonyolult szimbolikát, melyben semmi sem látszik nyilvánvalónak. Ezután meghatározott szabályokat fektetünk le a szimbólumok kezelésére vonatkozóan és az egész dolog mechanikussá

válik... Hogy kettő meg kettő az négy, ez annyira nyilvánvaló, hogy nehezen tudjuk elég szkeptikussá tenni magunkat bizonyíthatóságának kétségbevonásához."[14]

Elméletének grammatikai keretéül kidolgozott, s az ebben a formában elsőként előálló zárt formalizált nyelv szerepét Frege egy szellemes hasonlattal teszi szemléletessé: „Azt hiszem, hogy fogalomírásomnak az élet nyelvéhez való viszonyát azzal világíthatom meg a legjobban, ha azt a mikroszkóp szemhez való viszonyával hasonlítom össze. Ez utóbbi nagyfokú alkalmazkodása és mozgékonysága révén nagy fölényben van a mikroszkóppal szemben... Amikor azonban a tudományos kutatások nagy követelményeket támasztanak a feloldóképességgel szemben, a szem háttérbe szorul. Ilyen feladatok elvégzésére viszont a mikroszkóp a legtökéletesebb eszköz, de éppen ezáltal minden másra alkalmatlan. Az előbbi példához hasonlóan a fogalomírás is meghatározott tudományos célok elérésére kidolgozott segédeszköz, melyet nem szabad azért elítélni, mert másra nem alkalmas."[15]

A „meghatározott tudományos cél" Frege számára a matematikai definíciók és bizonyítások szabatos elemzése volt. Míg Leibniz olyan organon létrehozását tűzte ki célul, mellyel *minden* probléma – többek között a filozófiai is – egyszerű számolással eldönthető, Frege – bár nem zárja ki, hogy fogalomírása továbbfejlesztve hasznos eszközzé válhat a filozófusok számára is – csak arra tartja alkalmasnak, hogy „fényt derít azokra a tévedésekre, amelyek a nyelvhasználat következtében a fogalmak viszonyára vonatkozóan gyakran előállnak, amennyiben a gondolatokat megszabadítja attól, amivel őket *egyedül* a nyelvi kifejezőeszközök természete terheli".[16] *(Kiemelés tőlem – K. T. Gy.)*

Magáról a leibnizi programról, a program megvalósításának esélyeiről, továbbá a fogalomírásnak ebben a folyamatban betöltött szerepéről a következőket írja: „Már Leibniz is felismerte a szimbolikus jelölési mód előnyeit, sőt talán túl is becsülte azokat. A »calculus philosophicus«-ról, illetve a „ratiocinator"-ról azonban túlságosan nagyszabású volt a terve ahhoz, hogy a megvalósítására tett kísérletek túljuthassanak az előkészületeken... De ha ez a magasztos cél egyszeri nekifutással nem is érhető el, nem szabad kételkednünk a lassú sikerben... A leibnizi eszme bizonyos területeken történő beteljesülését figyelhetjük meg az aritmetikai, a geometriai és a kémiai szimbólumrendszer kialakulásában. Az itt javasolt jelölésmód az előbbiekhez egy újabbat, éspedig egy központi jelentőségűt csatol, amely az összes többire hatással van. Ennek birtokában kísérelhető meg a legbiztosabb sikerrel a már meglevő szimbólumrendszerek

hiányosságainak pótlása, valamint eddig egymástól elszigetelt területeik egyetlen tartománnyá történő egyesítése és kiterjesztése olyan területekre, amelyek eddig ennek a nyelvnek nem voltak birtokában."[17]

A formalizált nyelv kidolgozásakor a korabeli matematika – főként az aritmetika és az analízis – már kialakult szimbólumrendszere képezte az egyik alapvető kiindulópontot. A vezérmotívum, melynek következetlen érvényesítését Frege már abban az időben többször bírálta, az alkalmazott jelek két diszjunkt osztályba történő szigorú elkülönítése volt. A jelek *egyik* osztályába a rögzített jelentéssel rendelkező szimbólumok (ilyen például az =, +, 0, 1 stb., melyek egy része ideogrammaként épült be a természetes nyelvek jelrendszerébe), a *másik*ba azok a jelek (pontosabban betűjelek) tartoznak, melyek alapvető funkciója az általánosság kifejezése, s amelyek *bizonyos típusú* (előre rögzített) feltételekre utalnak határozatlanul. Ez teszi lehetővé a matematikai állítások áttekinthetőségét, továbbá azt, hogy eltekinthessünk az alkalmazott betűjelek konkrét jelentéstartalmától.

A jelek ilyen jellegű felosztását alapul véve, az első osztályba tartozókat *konstans*oknak, a másodikba tartozókat *változók*nak vagy *paramétereknek* szokás nevezni. Vegyük példaként a következő aritmetikai formulát:

$$a(b+c)+b(a+c)+c(a+b) = 2(ab+bc+ac)$$

Az előbbiekben már láthattuk, hogy a logikai változók jelölésére már Arisztotelész is betűjeleket használt. Az előbbi aritmetikai formulában a változókon kívül csak aritmetikai szimbólumok (aritmetikai konstansok) fordulnak elő. Ezzel szemben Arisztotelésznél a változókon kívül nem szerepelnek szimbólumok, csak köznyelvi kifejezések. Frege fogalomírásának egyik célja ez utóbbiak kiküszöbölése, és a többértelműség, a zavarosság, valamint a jelentésingadozás megszüntetése érdekében ezeknek pontosan meghatározott jelentésű szimbólumokkal (logikai konstansokkal) történő helyettesítése. Ez utóbbi folyamat során a kijelentéseknek nem a nyelvi, hanem a logikai formáját veszi alapul. A logikai forma, bár nem létezik a nyelvi forma nélkül, mégsem azonos az utóbbival, hiszen egy és ugyanazon gondolatot – még egyetlen nyelv keretén belül is – többféle nyelvi formában lehet kifejteni. Ugyanakkor az is tény, hogy egy és ugyanazon nyelvi forma különböző logikai formákat fejezhet ki. Így például logikai formáját tekintve az „és", a „valamint", a „de", a „pedig" és az „ámbár" egyaránt konjunkciót fejezhet ki, viszont a „Péter és Pál barátok" mondatban az „és" nem konjunkciót fejez ki. „Bár nincs kijelentésforma nyelvi forma nélkül, a kijelentésforma mégsem azonos

nyelvi formájával, hanem az a közös, amit valamely kijelentő mondat bármely logikai szempontból helyes fordítása tartalmaz. (A fordítás történhet egyazon nyelven belül is.) Ez a közös materializálódik a szimbolikus logika formalizált nyelvében és válik a logikai vizsgálódások anyagává. Ez azt jelenti, hogy a logika nem önmagában a nyelvet, és nem a gondolkodásnak a nyelvben való rekonstrukcióját tanulmányozza, hanem a nyelvi formában megjelenő gondolatnak a logikai formáját."[18]

Azt is hangsúlyozni kell, hogy a matematikai és a logikai szimbólumokhoz azért rendelhetünk „kész" jelentéseket, mert azok nyelvi megfelelője létezik. A természetes nyelvek bizonyos grammatikai struktúrával rendelkeznek. Ehhez hasonlóan, ha „valamit" a formalizált nyelv jeleiből felírt formulákkal akarunk kifejezni, akkor mind a változók, mind a konstansok érvényességi körét ki kell jelölni, általánosságuk sohasem lehet parttalan, valamint meg kell adni a logikai grammatika kategóriáit, melyek segítségével ezek helyettesíthetők. Alapkategóriának a *terminus* és a *formula* kategóriáit szokás tekinteni. A terminus kategóriájába tartozó fogalmak individuális objektumokat jelölnek, illetve azokra utalnak aszerint, hogy konstansok vagy változók, míg a formulák a természetes nyelv kijelentő mondatainak analógiáiként foghatók fel.

Ahhoz, hogy formalizált nyelvünk a logikai céloknak megfeleljen, a „naiv" következtetési szabályokat formalizáló átalakító szabályokat is be kell vezetni. Ezek az úgynevezett szintaktikai szabályok, amin azt értjük, hogy helyes alkalmazásuknak nem előfeltétele a formulákban szereplő szimbólumok jelentésének ismerete, elégséges a formulák képzésére vonatkozó grammatikai előírások betartása. Ezeknek a formális szabályoknak az alkalmazása azonban nem jelenti a tartalomtól való elszakadást, mivel a szintaktikai szabályok igazságát (vagyis azt, hogy logikailag igaz formulákból logikailag igaz formulákat – és csak ezeket – vezethetünk le) szemantikailag, vagyis a logikai konstansok jelentésének birtokában kell megalapozni.

Fregenek négy logikai konstans – melyek közül az individuumokra vonatkozó általánosság formális kezelésére bevezetett szimbólum, az úgynevezett „univerzális kvantor" a logikai elemzés hatókörét lényegesen kiszélesítette – felvétele tette lehetővé a következtetés logikája nyelvének formalizálását. Hozzá kell tennünk, hogy Frege még ennél is eredményesebb volt. Megfelelő alaptételek (alapformulák) és formális bizonyítási szabályok megadásával ugyanis a logika deduktív „axiomatikus" struktúráját hozta létre. Az ily módon létrejött szintaktikai rendszer, az úgynevezett kalkulus – melynek tételei az alapformulák és a belőlük formáli-

san levezethető összes többi formula – hatékonyságát bizonyította be Gödel 1938-ban, amikor kimutatta, hogy Frege kalkulusa teljes abban az értelemben, hogy a kalkulus nyelvében megfogalmazható minden logikai igazság formálisan levezethető tétele a kalkulusnak.

A szimbolikus logika fejlődésének első szakaszát a matematika logikai alkalmazása jellemezte. A továbbiakban pedig ezek egymás fejlődését kölcsönösen befolyásolták. A formalizált logikai apparátust eszközként használták a matematika rendszerezésére és logikai megalapozására. Ez az eszköz különösen hatékonynak bizonyult az úgynevezett naiv axiomatikus módszer „naivitásának" megszüntetésére.

Tudnunk kell, hogy egy-egy matematikai elmélet formalizálása több lépcsőben megy végbe, melynek során az őket leíró nyelv egyre nagyobb részét formalizálják. De ettől eltekintve ezt az elméletet még naivnak nevezzük, ha nem tisztázott, hogy melyek azok a kifejezések, melyek az axiómákban és a definíciókban az alapfogalmakon kívül megengedettek, valamint az, hogy mit értünk az elmélet deduktív rendszerében előforduló logikai törvényeken és bizonyításokon. Így például a geometria formalizálásának első lépéseként az ábrától függő bizonyítási formától kellett megszabadulni. Fano és Peano axiomarendszere naiv abban az értelemben, hogy az axiómák még nem formalizáltak. A halmazelméleti antinómiák felbukkanása tette szükségessé – a lehetőségét viszont a megfelelően kidolgozott formális logikai apparátus teremtette meg – a formális axiomatikus módszer kidolgozását.

Az axiómák, valamint a paraméterekkel szimbolizált alapfogalmak segítségével történő definíciók formalizálása során valamilyen, már korábban formalizált logikai elméletet kell felhasználni. Erre azért van szükség, mert az elmélet létrejötte során felhasznált következményfogalmat is formalizálni, modellálni kell. A szemantikai antinómiák fellépése miatt viszont elvileg nem lehetséges olyan logikai módszer alkalmazása, amely minden logikai rendszert, azaz a lehetséges logikai műveletek összes *modelljét* leírná.

A formalizáció során tehát a megfelelő szakmai terminusokkal kiegészített természetes nyelvről valamilyen formalizált nyelvre térünk át, miközben a formalizálandó és a tudomány által már kidolgozott elméletet logikailag is át kell alakítani. A mesterséges nyelv, a tudományos célnak megfelelően, különféle jelentéstartalomra különböző szimbolikát alkalmaz, és segítségével egzakt formát öltenek az addig pontatlan és nem egyértelmű képzési, következtetési és szemantikai szabályok. Fontos funkciója, hogy kiemeli és rögzíti a tudományos gondolkodás, a tudományos

ismeretanyag olyan elemeit, melyeket a természetes nyelv nem választ szét, nem különít el.

„Az a tény, hogy a tudomány kognitív tartalma kifejezhető a mesterséges formalizált rendszerek segítségével, s hogy számos gondolkodásfolyamat mechanizálható, a jelek ismeretelméleti funkcióin alapul: ezek lerövidítik a gondolkodás műveleteit, materiálisan rögzítik és felidézik a már megismert tartalmat, hozzá képest azonban megőrzik viszonylagos önállóságukat. A formalizáció nemcsak az elmélet logikai szerkezetének átrendezését jelenti, hanem a tudományos nyelv átalakítását is (egyszerűsítését, gazdaságosabbá tételét, a bonyolult kapcsolatok megvilágítását stb.), annak érdekében, hogy minél tömörebbé, gazdaságosabbá, operatívabbá váljék, és a jelek szintaktikai jelentésének elválasztását a szemantikai jelentéstől."[19]

A matematikában a formalizált elmélet jelentősége a naiv axiomatikus elmélettel szemben elsősorban nem az adott elmélet keretein belül történő bizonyítási módozatok formalizálásában mutatkozik meg, mivel ebben az esetben szinte mindegy, hogy melyik nyelvet használjuk, feltéve hogy ezek egymásra bármikor „lefordíthatóak". Ha azonban magát az elméletet vizsgáljuk, akkor az elmélet alapjait érintő olyan problémák, mint például az elmélet ellentmondásmentessége, az a kérdés, hogy az elmélet mennyire meríti ki, illetve mennyire egyértelműen jellemzi tárgyát, csak a formalizált elméletek esetében fogalmazható meg szabatosan.

Konkrét matematikai feladatok megoldására ez az eszköz az algoritmus fogalmának szabatossá tételével vált alkalmassá. Ez tette lehetővé a szimbolikus logika kibernetikai alkalmazását, továbbá a számítógépek tervezésében és a gépi nyelvek létrehozásában történő hasznosítását is. Az emberi gyakorlat fejlődésével, kiszélesítésével, változásával a nyelvnek is szükségszerűen fejlődnie, változnia kell, s meg kell teremtenie az új problémák megfogalmazásához és megoldásához szükséges eszközöket. Erről G. Klaus így ír: „... a változók és a szimbólumok alkalmazása a logikai következtetés technikája és ennek a tudományokban való alkalmazása számára a gondolkodás birodalmában ugyanazt a szerepet játssza, mint amilyen szerepe volt a termelés területén a kézi munkáról a gépi munkára való áttérésnek."[20]

A *neopozitivizmus* (a logikai atomizmus és a logikai pozitivizmus) a formalizáció, vagyis a formalizált logikai nyelv ismeretelméleti szerepét alaposan túlértékelte. Feltevéseik szerint a formalizált logikai analízis csúcspontjaként kapott teljes mértékben formalizált és elemzett, az általuk *ideális*nak tekintett nyelvben a gondolat belső struktúrájának kell

kikristályosodnia. Ennek az elméletnek Wittgenstein a legjelentősebb reprezentánsa. Véleménye szerint a tökéletesen formalizált nyelvben a nyelvi forma és a gondolati tartalom teljes mértékben megfelelnek egymásnak, ami a logikában a jel és a jelölt logikai formájának azonosságát jelenti. Wittgenstein szerint a „kijelentés *mutatja* a valóság logikai formáját. Megnyilvánítja azt."[21] Feltételezi, hogy a logikai formának közvetlenül a jelek struktúrájában kell érvényre jutnia. „A kijelentés ábrázolhatja az egész valóságot, de nem ábrázolhatja azt, aminek közösnek kell lennie benne a valósággal, hogy annak ábrázolása lehessen – a logikai formát... A kijelentés nem ábrázolhatja a logikai formát, e forma tükröződik benne."[22] Wittgenstein a logikát a nyelvre vezeti vissza, sőt azonosítja egymással a nyelvet és a gondolkodást. Ezért *a megismerhetőség kérdése* nála a nyelvi kifejezhetőség kérdéseként van feltéve.

A neopozitivisták a filozófia negligálásával, illetve a filozófiai problémáknak az irracionalitásba való száműzésével, lényegesen túllépnek Leibniz univerzális kalkulusának, valamint az arra alapozott egyetemes tudománynak az eszméjén. Ez természetes, hiszen Leibniztől, mint a fejlődésben levő kapitalista társadalomra jellemző racionalizmus egyik képviselőjétől mi sem állt távolabb, mint az egyetemes világkép, a filozófiai világnézet létjogosultságának tagadása.

Az ideális nyelv koncepciója elvonatkoztat a tényleges ismeretelméleti folyamatoktól, elvont módon vizsgálja a személytelennek tételezett „megismerést", éppen ezért nem vizsgálja a logikai formák és a szubjektum megismerő tevékenységének kapcsolatát, a szubjektumot elszakítja a valóságtól, s azt pusztán a logikai (nyelvi) műveletek középpontjaként, „tiszta Én"-ként tételezi. Ezért rájuk is érvényes a pozitivizmus ismeretelméleti szubjektivizmusára vonatkozó lenini bírálat. E szubjektivizmus fő oka, hogy zárt és immanens módon elemzi az objektív valóságról kapott ismeretet, s azt nem hozza összefüggésbe az ember gyakorlati tevékenységével. A dialektikus materializmus ide vonatkozó tételei szerint a nyelv struktúrája, amelyben tulajdonképpen a gondolkodás formája tárgyiasul, közvetlenül nem tükrözi az anyagi világot. A logika és a nyelv struktúrája közvetve, mégpedig a gyakorlat, s az ennek szerves részét alkotó gondolati és nyelvi tevékenység struktúráján keresztül tükrözi az objektív valóság struktúráját. Többek között ezért nem valósulhatott meg a logikai pozitivisták programja, miszerint a szimbolikus logika (pontosabban annak csak egyik típusa – a „Principia Mathematica" logikája) eszközeivel logikai-nyelvi úton rekonstruálják a megismerés folyamatát.

JEGYZETEK

[1] *D. P. Gorszkij:* Gnoszeologicseszkije problemi formalizáciji. Minszk 1969.
[2] *B. L. van der Waerden:* Egy tudomány ébredése – Egyiptomi, babiloni és görög matematika. Gondolat 1977. 34. old.
[3] *B. L. van der Waerden:* Id. mű. 61. old.
[4] *Madarászné Zsigmond A.:* A görög logika kezdetei. (In: Logikai tanulmányok). Akadémiai Kiadó 1971. 194. old.
[5] Ugyanott.
[6] *E. Iljenkov:* A dialektikus logika. (Történeti és elméleti vázlatok.) Kossuth Könyvkiadó 1977. 12. old.
[7] *T. Hobbes:* Leviatán. Magyar Helikon 1970. 36–37. old.
[8] *G. W. Leibniz:* Dissertatio de Arte Combinatoria... Leibzig 1666. (in: Die philosophischen Schriften. 4. köt.) Berlin. 27–102. old.; valamint 1679 áprilisi műveiben: „Elemente der allgemeinen Charakteristik", „Elemente des Kalküls", „Elemente des allgemeinen Kalküls", „Forschungen zum allgemeinen Kalkül", „Vorschrift zur Prüfung der Folgerungen durch Zahlen", „Regeln, nach denen über die Gültigkeit der Folgerungen über die Formen und Modi der kategorischen Syllogismen mit Hilfe von Zahlen geurteilt werden kann", „Kalkül der Folgerungen". (in: Fragmente zur Logik. Berlin 1960. 170–238. old.).
[9] *E. Schröder:* Vorlesungen über die Algebra der Logik (Exakte logik). Megjelenés évei: I. (1890), II. (1891), III. (1895) II/2. (1905) (Új kiadás: New York 1966)
[10] *M. Kozlova:* Nyelv és filozófia. Kossuth Könyvkiadó 1976. 36. old.
[11] *G. Frege:* Die Grundlagen der Arithmetik. Eine logisch matematische Untersuchung über den Begriff der Zahl. Breslau 1884. VI. old.
[12] Ezzel Frege a matematika „objektivitását" és „abszolút igaz" voltát végül is platonikus alapokra helyezte.
[13] *G. Frege:* Begriffsschrift, eine der aritmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens. Halle 1879.
[14] *B. Russell:* Miszticizmus és logika. Magyar Helikon 1976. 123–124. old.
[15] *G. Frege:* Begriffsschrift. V. old.
[16] Ugyanott, VI–VII. old.
[17] Ugyanott, V–VI. old.
[18] Szimbolikus logika. (szerkesztette: *Ruzsa Imre*), III. köt. Tankönyvkiadó 1973. 107. old.
[19] *M. Kozlova;* Id. mű. 72. old.
[20] *G. Klaus:* Bevezetés a formális logikába. Gondolat 1963. 45. old.
[21] *L. Wittgenstein:* Logikai-filozófiai értekezés. Akadémiai Kiadó 1963. 132. old. (4.121)
[22] Ugyanott, (4 12)

Tartalom

FILOZÓFIA

Horváth József: Szaktudomány – filozófia – természettudományok filozófiai problémái 9
Szigeti József: A filozófiai és a szaktudományos megismerés természete – a tudományosság lényegi konstituenciái 42
Farkas Endre: Tudomány – erkölcs – társadalom 71

FIZIKA

Horváth József: A „fizikai realitás" mint probléma 85
Ropolyi László: A folyamat fogalmának szaktudományos és filozófiai értelmezése 104
Rédei Miklós: A mérés helye a fizikai elméletben 116
Szabó László: A részecskefizika interpretációs problémái 131
Szegedi Péter: Determinisztikus törekvések a kvantummechanikában. De Broglie elméleti rendszere 143

KOZMOLÓGIA

Balázs Béla: A Világegyetem fogalmának csillagászattörténeti és filozófiai háttere 165
Tihanyi László: A modellezés és mérés elvi és módszertani problémái a kozmológiában 188
Soós Gyula: Kozmológia és matematika 210

BIOLÓGIA

Géczy Barnabás: Az evolúciós szemlélet kialakulása 221
Nánási Irén: Az élő rendszerek tér–idő viszonyainak néhány aspektusáról 244

Szigetvári Sándor: A modellezés dialektikája a biológiában 261
Ádám György: A belső környezet érzékelésének ismeretelméleti vonatkozásai 276
Láng Ferenc–Lásztity Demeter: Az élet lényegének filozófiai értelmezése a biokémiai evolúció tükrében 286
H. Varró Rózsa: A környezetvédelem főbb elméleti és filozófiai kérdései 307
Sipos János: A pszichikus folyamatok „eszmei" jellegének materialista értelmezéséhez 329

MATEMATIKA

Héthelyi László: A matematikai létezés fogalmának interpretációs problémái a filozófiában 363
Farkas Miklós: Matematika és objektív valóság 379
Bárd András: Matematikai megismerés – matematikai modell 398
Kis-Tóth Gyula: A formalizáció fogalma – a formák matematikája vagy a matematika formája? 412

A kiadásért felel a Kossuth Könyvkiadó igazgatója
81/570 Franklin Nyomda, Budapest
Felelős vezető Mátyás Miklós igazgató
A kötetet szerkesztette Szollár Zsuzsa
A borító Szántó Tibor munkája
Műszaki vezető Aranyi Imre
Műszaki szerkesztő Hajdú Árpád
Terjedelme 27 (A/5) ív